



UNIVERSIDAD DE PANAMA

VICERRECTORIA DE INVESTIGACION Y POSTGRADO

PROGRAMA DE MAESTRIA EN CIENCIAS AGRICOLAS

**RESPUESTA A CUATRO NIVELES DE NITROGENO Y CURVAS
DE ABSORCION DE NUTRIMENTOS PARA LA VARIEDAD DE
ARROZ UP80FL, BAJO CONDICIONES DE SECANO EN DOS
LOCALIDADES**

**ANA MARIA VILLARREAL BARRERA
6-713-1648**

LAS TABLAS, LOS SANTOS

REPUBLICA DE PANAMA

2017

57

**RESPUESTA A CUATRO NIVELES DE NITROGENO Y CURVAS
DE ABSORCION DE NUTRIMENTOS PARA LA VARIEDAD DE
ARROZ UP80FL, BAJO CONDICIONES DE SECANO EN DOS
LOCALIDADES**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDO PARA OPTAR POR
EL TITULO DE MASTER EN CIENCIAS AGRICOLAS CON
ENFASIS EN MANEJO DE SUELOS Y AGUAS**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
VICERRECTORIA DE INVESTIGACION Y POSTGRADO**

**PERMISO PARA SU PUBLICACION, REPRODUCCION TOTAL
O PARCIAL DEBE SER OBTENIDO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AGROPECUARIAS**

APROBADO POR

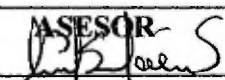
PROF ING ALEXIS SAMUDIO


PROF ING NAZARIO RIVERA

PROF ING ARIEL JAEN



DIRECTOR



ASESOR


ASESOR

**LAS TABLAS, LOS SANTOS
REPUBLICA DE PANAMA**

2017

10 MAY 2018

Alexis Samudio

AGRADECIMIENTO

Esta maestria no solo fue fruto de mi esfuerzo personal sino que necesito de la ayuda de muchas personas tanto en lo profesional como en lo personal Con estas lineas quisiera mostrar mi agradecimiento a todas ellas

Primeramente a Dios y al universo por haber conspirado para mantenerme firme y no decaer a pesar las adversidades presentadas durante este gran esfuerzo

Al MSc Alexis Samudio que ademas de ser mi director de tesis y el maquinista de este tren es un profesor que estimo mucho A mis asesores el Ing Ariel Jaen y el MSc Nazario Rivera por ser guias durante el desarrollo de este proceso

A mis padres por su apoyo incondicional durante todos los años de estudio Gracias por su cariño Nada hubiese sido posible sin su aliento y ayuda Los amo

A mis hermanos que siguen siendo complices en todos mis proyectos de vida Gracias Nilka Arnulfo y en especial a MI OTRO YO Ana Isabel Te adoro gracias por alentarme a cumplir esta meta y tenderme tu mano siempre que lo necesite

A ti Alex Solis mi compañero de vida por ser la roca que siempre me mantuvo firme en este camino Gracias por tu apoyo profesional y personal Sé que esta meta también la sientes tuya

Al ingeniero Victor Morales por su disposicion constante en la realización de esta investigacion en su finca Y a todo el personal de campo que hizo posible el desarrollo de este estudio

Gracias a todos

DEDICATORIA

A Dios

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos ademas de su infinita bondad y amor

A mis padres

Por haberme apoyado en todo momento por sus consejos sus valores por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien y por haberme enseñado siempre a salir adelante pero mas que nada por su amor

A mis hermanos

Armulfo Nilka y Ana Isabel por estar conmigo y apoyarme siempre los quiero mucho

A mis sobrinos

Jesus Marie Claire Ethan Alexandra Clarise para que vean en mi un ejemplo a seguir Los amo demasiado

A mi amor

Alex Solis porque tu ayuda ha sido fundamental has estado conmigo incluso en los momentos mas turbulentos Este proyecto no fue facil pero estuviste motivandome y ayudandome hasta donde tus alcances lo permitian

RESPUESTA A CUATRO NIVELES DE NITROGENO Y CURVAS DE ABSORCION DE NUTRIMENTOS PARA LA VARIEDAD DE ARROZ UP80FL, BAJO CONDICIONES DE SECANO EN DOS LOCALIDADES

Villarreal B Ana M 2017 Respuesta a cuatro niveles de nitrogeno y curvas de absorcion de nutrimentos para la variedad de arroz UP80FL bajo condiciones de secano en dos localidades

RESUMEN

En Panamá existen pocos estudios relacionados con curvas de absorcion nutrimental para cada variedad liberada por especie. Esta investigacion intenta promover la realizacion de las mismas considerando el comportamiento individual entre las variedades en este caso el arroz y la variedad UP80FL en sitios agroecológicamente distintos. Fueron evaluados además cuatro niveles de fertilización nitrogenada bajo condiciones de secano. Se realizo en dos localidades: Alanje (Chiriquí) y en la Facultad de Ciencias Agropecuarias (Chiriquí) con un diseño de bloques completamente al azar. Se establecieron 12 parcelas de 10 m² utilizando cuatro dosis de nitrogeno: tratamiento uno 60 kg ha⁻¹, tratamiento dos 120 kg ha⁻¹, tratamiento tres 180 kg ha⁻¹, tratamiento cuatro 240 kg ha⁻¹. Se realizaron cinco muestreos foliares 25 días después de la siembra (dds), 40, 60, 90 y 125 dds. El rendimiento se obtuvo al 14% de humedad. Se realizo una prueba de Hartley que demostro la homocedasticidad entre las varianzas de ambas localidades. Luego el analisis en conjunto revelo que no hubo diferencias significativas en la interaccion de localidad por tratamiento, concluyendo que los datos podrian ser evaluados por separado. En Alanje no se encontro diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos uno, dos y tres. No obstante, estos tratamientos fueron significativamente diferentes al tratamiento cuatro, quien presento el menor rendimiento. En la FCA no hubo diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos. En Alanje, la UP80FL tuvo un rendimiento de 6.0 T ha⁻¹, mientras que en la FCA fue de 4.2 T ha⁻¹. Se utiliza el tratamiento uno para realizar las curvas de absorción para ambas localidades. El nutrimento mas requerido por la variedad en Alanje es el potasio, luego el nitrogeno, magnesio, fósforo y calcio, manganeso, hierro, zinc y cobre. En la FCA, la extracción nutrimental es parecida: potasio, nitrogeno, calcio, magnesio, fósforo, hierro, manganeso, zinc y cobre.

Palabras Claves: Curvas de absorción, nitrógeno, variedad de arroz UP80FL, fertilización nitrogenada, prueba de homocedasticidad.

RESPONSE TO FOUR NITROGEN LEVELS AND NUTRITION ABSORPTION CURVES FOR RICE VARIETY UP80FL, UNDER DRY CONDITIONS IN TWO LOCALITIES

Villarreal B Ana M 2017 Response to four levels of nitrogen and nutrient absorption curves for UP80FL rice variety under dry conditions in two locations

ABSTRACT

In Panama there are few studies related to nutrient absorption curves for each variety released by species. This research tries to promote the realization of them considering the individual behavior among the varieties in this case the rice and the UP80FL variety in agroecologically different sites. Four levels of nitrogen fertilization under rainfed conditions were also evaluated. It was carried out in two locations: Alanje (Chiriquí) and in the Faculty of Agricultural Sciences (Chiriquí) with a completely random block design. 12 plots of 10 m² (five meters x two meters) were established using four doses of nitrogen: treatment one 60 kg ha⁻¹, treatment two 120 kg ha⁻¹, treatment three 180 kg ha⁻¹, treatment four 240 kg ha⁻¹. Five leaf samples were taken 25 days after sowing (dds) 40, 60, 90 and 125 dds. The yield was obtained at 14% humidity. Then a Hartley test was carried out that showed homoscedasticity between the variances of both localities. The analysis as a whole revealed that there were no significant differences in the interaction of locality by treatment, concluding that the data could be evaluated separately. In Alanje, no significant differences were found ($P > 0.05$) between treatments one, two and three. However, these treatments were significantly different to treatment four, which presented the lowest performance. In the FCA, there were no significant differences ($P > 0.05$) between the treatments. In Alanje, the UP80FL had a performance of 6.0 T ha⁻¹, while in the FCA it was 4.2 T ha⁻¹. Treatment one is selected to perform the absorption curves for both locations. The most required nutrient for the variety in Alanje is potassium, then nitrogen, magnesium, phosphorus and calcium, manganese, iron, zinc and Cu. In the FCA, the nutritional extraction is similar: potassium, nitrogen, calcium, magnesium, phosphorus, iron, manganese, zinc and copper.

Key words: Absorption curves, nitrogen, rice variety UP80FL, nitrogen fertilization, homoscedasticity test.

INDICE DE CONTENIDO

APROBACIÓN	Pág
AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
INDICE DE CONTENIDO	vi
INDICE DE CUADROS	vii
INDICE DE FIGURAS	ix
INDICE DE ANEXOS	x
1 INTRODUCCION	xi
1 1 Objetivo General	1
1 2 Objetivos Especificos	3
1 3 Hipotesis	3
2 REVISION DE LITERATURA	5
2 1 El Cultivo de Arroz	5
2 1 1 El cultivo de arroz a escala mundial	5
2 1 2 El cultivo de arroz en Panama	5
2 1 3 Morfologia de la planta de arroz	6
2 1 3 1 Organos vegetativos	6
2 1 3 2 Organos florales	7
2 1 3 3 Fases de desarrollo	7
2 1 4 Exigencias ambientales	9
2 1 4 1 Temperatura	9
2 1 4 2 Precipitacion	9
2 1 4 3 Luz	10
2 1 4 4 Viento	10
2 1 4 5 Suelos	11
2 1 5 Generalidades sobre la variedad UP80FL	11
2 1 5 1 Origen	11
2 1 5 2 Descripcion del cultivar	12
2 1 5 3 Reacción a las principales enfermedades	12
2 1 5 4 Rendimiento de grano	13
2 1 5 5 Rendimiento de molineria y calidad del grano	13
2 1 6 Generalidades sobre el manejo del arroz	14
2 1 7 El nitrogeno en el cultivo de arroz	15
2 1 7 1 Funcion del nitrogeno en la planta	16
2 1 7 2 Sintomas de deficiencia del nitrogeno	17
2 1 7 3 Absorcion y distribucion del nitrogeno en la planta de arroz	17
2 2 Curvas de Absorcion	17
3 MATERIALES Y METODOS	20
3 1 Area de estudio	20
3 2 Epoca de siembra	21

3 3	Material genetico	21
3 4	Metodologias	22
3 4 1	Manejo de las parcelas	22
3 4 2	Muestreos en la parcela	25
3 4 3	Analisis foliares	26
3 5	Elaboracion de las curvas de absorción	27
3 6	Analisis estadistico	28
3 6 1	Modelo matemático separado (por localidad)	28
3 6 1	Modelo matematico conjunto (ambas localidades)	29
3 7	Variables de estudio	30
4	RESULTADOS Y DISCUSION	31
4 1	Efecto del nitrogeno sobre el rendimiento	32
4 2	Análisis económico de presupuesto parcial y tasa de retorno marginal	36
4 3	Curvas de Absorción	41
4 3 1	Absorcion y distribucion de nitrogeno	43
4 3 2	Absorcion y distribucion de fósforo	46
4 3 3	Absorcion y distribucion de potasio	49
4 3 4	Absorción y distribución de calcio	51
4 3 5	Absorción y distribución del magnesio	53
4 3 6	Absorción y distribucion de hierro	55
4 3 7	Absorcion y distribucion de cobre	57
4 3 8	Absorcion y distribucion de manganeso	59
4 3 9	Absorción y distribución de hierro	61
4 4	Recomendacion de fertilización en base a los resultados obtenidos	64
4 4 1	Alanje	64
4 4 2	FCA	66
5	CONCLUSIONES	69
6	RECOMENDACIONES	71
7	BIBLIOGRAFIA	72
8	ANEXOS	78

INDICE DE CUADROS

Nº	TITULO	Pág
I	OCURRENCIA EN TIEMPO DE LAS ETAPAS DE CRECIMIENTO PARA ARROZ DE CICLO MEDIO	8
II	ANALISIS QUIMICO DE SUELO DE ALANJE	23
III	ANALISIS QUIMICO DE SUELO DE LA FCA	23
IV	HOJA DE CALCULO PARA CONOCER EL BALANCE DE NUTRIMENTOS (LOCALIDAD UNO)	23
V	HOJA DE CALCULO PARA CONOCER EL BALANCE DE NUTRIMENTOS (LOCALIDAD DOS)	24
VI	CANTIDAD Y FUENTES DE NUTRIMENTOS PARA EL BALANCE DEL SUELO POR LOCALIDAD	24
VII	TRATAMIENTOS DE NITROGENO	25
VIII	EPOCAS DE MUESTREO	26
IX	ANALISIS DE VARIANZA DEL MODELO ESTADISTICO	29
X	ANALISIS DE VARIANZA CONJUNTA	31
XI	ANALISIS DE VARIANZA DEL RENDIMIENTO PROMEDIO DE TONELADAS DE ARROZ POR HECTAREA EN ALANJE	32
XII	RENDIMIENTO PROMEDIO DE TONELADAS DE ARROZ POR HECTAREA EN ALANJE	33
XIII	ANALISIS DE VARIANZA DEL RENDIMIENTO PROMEDIO DE TONELADAS DE ARROZ POR HECTAREA EN LA FCA	34
XIV	RENDIMIENTO PROMEDIO DE TONELADAS DE ARROZ POR HECTAREA EN LA FCA	35
XV	ANALISIS DE PRESUPUESTO PARCIAL EN LA LOCALIDAD DE ALANJE	38
XVI	ANALISIS DE RETORNO MARGINAL EN LA LOCALIDAD DE ALANJE	38
XVII	ANALISIS DE PRESUPUESTO PARCIAL DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS	40
XVIII	ANALISIS DE RETORNO MARGINAL EN LA LOCALIDAD DE ALANJE	40
XIX	ESTIMACION DE DOSIS DE NUTRIMENTOS PARA LA VARIEDAD UP80FL BAJO CONDICIONES DE SECANO (ALANJE)	64
XX	CALCULO PARA LAS DOSIS DE FERTILIZANTES (ALANJE)	65
XXI	ESTIMACION DE DOSIS DE NUTRIMENTOS PARA LA VARIEDAD UP80FL BAJO CONDICIONES DE SECANO (FCA)	66
XXII	CALCULO PARA LAS DOSIS DE FERTILIZANTES (FCA)	67

INDICE DE FIGURAS

N	TITULO	Pág
1	Canta Gallo Alanje Chiriqui (localidad uno)	20
2	Parcela 10 Facultad de Ciencias Agropecuarias Chiriqui	21
3	Efecto de la dosis de N (Kg ha ⁻¹) sobre el rendimiento (Ton ha ⁻¹) de la variedad UP80FL bajo condiciones de secano Alanje	35
4	Efecto de la dosis de N (Kg ha ⁻¹) sobre el rendimiento (Ton ha ⁻¹) de la variedad UP80FL bajo condiciones de secano FCA	36
5	Curva de beneficios netos en la localidad de Alanje	39
6	Curva de beneficios netos en la Facultad de Ciencias Agropecuarias	41
7	Biomasa seca producida (kg ha ⁻¹) a traves de las etapas fenológicas del cultivo en ambas localidades	42
8	Absorción de N (kg ha ⁻¹) en las diferentes etapas fenologicas de la variedad UP80FL bajo condiciones de secano en ambas localidades	43
9	Curva de regresión para la absorción de N (kg ha ⁻¹) de la variedad UP80FL bajo condiciones de secano en ambas localidades	45
10	Absorcion de P (kg ha ⁻¹) por etapa fenológica de la variedad UP80FL bajo condiciones de secano en ambas localidades	46
11	Curva de regresión para la absorción de P (kg ha ⁻¹) de la variedad UP80FL bajo condiciones de secano en ambas localidades	48
12	Absorcion de K (kg ha ⁻¹) por etapa fenologica de la variedad UP80FL bajo condiciones de secano en ambas localidades	49
13	Curva de regresión para la absorcion de K (kg ha ⁻¹) de la variedad UP80FL bajo condiciones de secano en ambas localidades	50
14	Absorcion de Ca total (kg ha ⁻¹) por etapa fenologica de la variedad UP80FL bajo condiciones de secano en ambas localidades	52
15	Curva de regresión para la absorción de Ca (kg ha ⁻¹) de la variedad UP80FL bajo condiciones de secano en ambas localidades	53
16	Absorción de Mg (kg ha ⁻¹) por etapa fenológica de la variedad UP80FL bajo condiciones de secano en ambas localidades	54
17	Curva de regresion para la absorcion de Mg (kg ha ⁻¹) de la variedad UP80FL bajo condiciones de secano en ambas localidades	55
18	Absorción de Fe (kg ha ⁻¹) por etapa fenológica de la variedad UP80FL bajo condiciones de secano en ambas localidades	56
19	Curva de regresión para la absorcion de Fe (kg ha ⁻¹) de la variedad UP80FL bajo condiciones de secano en ambas localidades	57
20	Absorcion de Cu (g ha ⁻¹) por etapa fenologica de la variedad UP80FL bajo condiciones de secano en ambas localidades	58
21	Curva de regresion para la absorción de Cu (g ha ⁻¹) de la variedad UP80FL bajo condiciones de secano en ambas localidades	59
22	Absorción de Mn (g ha ⁻¹) por etapa fenologica de la variedad UP80FL bajo condiciones de secano en ambas localidades	60
23	Curva de regresion para la absorcion de Mn (g ha ⁻¹) de la variedad UP80FL bajo condiciones de secano en ambas localidades	61

24	Absorción de Zn (g ha^{-1}) por etapa fenológica de la variedad UP80FL bajo condiciones de secano en ambas localidades	62
25	Curva de regresión para la absorcion de Zn (g ha^{-1}) de la variedad UP80FL bajo condiciones de secano en ambas localidades	63

INDICE DE ANEXOS

Anexo N°	TITULO	Pag
1	Primer fraccionamiento de fertilizacion nitrogenada en Alanje	79
2	Toma de muestras foliares en distintas etapas fenologicas	79
3	Proceso de espigamiento y maduración de grano	80
4	Evaluacion agronomica y cosecha en la FCA	80
5	Analisis quimicos foliares	81
6	Valores criticos de la prueba de F maxima de Hartley para homogeneidad de varianzas	82

1 INTRODUCCION

El crecimiento de la planta de arroz comprende etapas fisiologicas que van desde la germinacion hasta la maduracion del grano. A medida que avanza el crecimiento la planta acumula materia seca lo que se conoce como rendimiento de biomasa. La cantidad de materia seca producida se ve influenciada por el material genetico, los factores ambientales y la disponibilidad de nutrimentos. Sin embargo, el patron de acumulacion de materia seca tiene una tendencia similar en todas las variedades de arroz.

Los rendimientos obtenidos tambien estan en funcion de la fertilizacion que se le aporte al cultivo. El objetivo principal en la aplicacion de un fertilizante es suministrar una cantidad razonable de nutrimentos cuando la planta lo demanda durante sus diferentes etapas de desarrollo (De Datta 1986).

El plan de fertilizacion para ser optimo debe ser resultado de un previo estudio de absorción de nutrimentos en cada una de las etapas fenológicas del cultivo que permite conocer los momentos claves de aplicacion de fertilizante.

En Panamá pocos son los esfuerzos que intentan conocer el comportamiento en cuanto a la absorcion de los nutrimentos de los cultivos tendientes a optimizar la fertilización de los cultivos.

La situacion arriba expuesta provoca una marcada problematica a nivel regional en cuanto a la fertilizacion de los cultivos producto de que las investigaciones que apuntan a realizar estudios de absorcion de nutrimentos y la posterior calibracion de la fertilizacion para cada variedad de cualquier especie son escasas. Para analizar esta

problemática es necesario conocer sus causas y es que la mayoría de las ocasiones que se libera una variedad de una especie en este caso de arroz se hace en función a información general que se maneja de variedades anteriores mismas que no atienden a las exigencias específicas de la nueva variedad

La escasa información induce al productor a generalizar y a emplear una fertilización estándar que no necesariamente se adapta a las condiciones agroecológicas de su espacio productivo reflejando entonces mermas en la producción

La realización de estudios de curvas de absorción de una variedad específica podría resolver esta problemática ya que como indica Domínguez (2011) el conocimiento de la forma en que los nutrimentos contribuyen a aumentar los rendimientos a través de las diferentes etapas de desarrollo de los cultivos es importante porque permite un uso eficiente de los fertilizantes aplicados al cultivo de arroz. Este mismo autor señala que este tipo de estudios garantiza la productividad de la variedad que se este analizando. Vargas (2002) también señala que conocer la cantidad óptima de los diferentes nutrimentos que la planta necesita en esas etapas de desarrollo es muy importante para hacer un uso eficiente de los fertilizantes y maximizar los rendimientos

Esta investigación busca conocer el comportamiento puntual de la absorción de nutrimentos de la variedad de arroz UP80FL en cada etapa fenológica estudiada y con la aplicación de cuatro niveles de fertilización nitrogenada

De lo antes expuesto radica la importancia de este estudio ya que cada vez se hace más necesario el empleo de información validada para cada variedad si lo que se busca es mejorar los rendimientos de la producción. En definitiva los estudios de curvas de

absorción constituyen una herramienta básica para la agricultura de precisión, en donde la optimización los recursos es garante de mayor cantidad de grano por unidad de fertilizante aplicado, hasta un nivel óptimo de respuesta.

1.1. Objetivo General

- 🌱 Evaluar la dosis óptima de N necesaria y determinar las curvas de absorción de nutrimentos para la variedad UP80FL

1.2. Objetivos Específicos

- 🌱 Aplicar distintos niveles de N y determinar el mejor tratamiento para en cada localidad estudiada.
- 🌱 Determinar las curvas de absorción para macro y micronutrimentos para la variedad en ambas localidades.
- 🌱 Conocer el orden de absorción nutrimental de la variedad en ambas localidades.
- 🌱 Estimar la fórmula fertilizante adecuada para cada localidad en función de los nutrimentos absorbidos por la variedad y la oferta nutrimental del suelo.

1.3. Hipótesis

H₀= Las dosis de N no afecta el rendimiento de la variedad UP80FL bajo condiciones de secano en las localidades estudiadas.

H_a= Las dosis de N afecta el rendimiento de la variedad UP80FL bajo condiciones de

secano

H₀= No existe efecto de la localidad sobre la absorcion de nutrimentos de la variedad

UP80FLbajo condiciones de secano

H_a= Existe efecto de la localidad sobre la absorcion de nutrimentos de la variedad

UP80FL bajo condiciones de secano

REVISION DE LITERATURA

2 1 El Cultivo de Arroz

2 1 1 El cultivo de arroz a escala mundial

Desde el punto de vista de la producción el arroz ocupa el segundo lugar en importancia después del trigo. Es el alimento básico para la mitad de la población mundial. Más de 90% de la producción de arroz se encuentra en Asia Oriental y meridional. China e India producen más de la mitad del arroz en todo el mundo. 52.3% de 1999 a 2003 y contienen más de la tercera parte de la población mundial. Brasil es el primer productor no asiático e Italia ocupa el primer lugar europeo (Amador y Bernal 2012).

“El arroz es vida” fue el lema del Año Internacional del Arroz celebrado en el 2004 y la frase encaja muy bien en la región de América Latina y el Caribe. El arroz tiene un papel importante como alimento básico y los sistemas agrícolas donde se produce arroz son esenciales para la seguridad alimentaria, la disminución de la pobreza y el mejoramiento del estilo de vida de una población (CIAT 2010).

2 1 2 El cultivo de arroz en Panamá

Panamá es uno de los países del área centroamericana con mayor consumo per cápita de arroz, uno de los alimentos indispensables en la dieta del panameño. En consecuencia, su producción tiene una gran importancia a nivel social y político.

economico y sobre todo en lo relacionado con la seguridad alimentaria del país (IICA y MIDA 2009)

Las provincias de Veraguas, Chiriquí y Coclé son las mayores productoras de este rubro, destinando el 21.6%, 20.9% y 18.5% respectivamente de sus tierras correspondientes al total de las tierras cultivadas de arroz en el país (86 120 has) (INEC 2014/2015)

En el arroz, la producción de granos está en función del potencial genético del cultivar y de las condiciones ambientales (manejo). La fertilización se considera una práctica fundamental para obtener mayores rendimientos de granos. Los requerimientos del cultivo varían según las condiciones y características del sistema de producción (Acevedo et al. 2006)

2.1.3 Morfología de la planta de arroz

La planta de arroz es una hierba anual con tallos redondos, huecos, hojas bastante planas y una panoja terminal. Está adaptada para crecer en suelos inundados, pero puede también hacerlo en suelos no muy anegados.

Las partes de la planta de arroz pueden dividirse en

2.1.3.1 Organos vegetativos

☛ Raíces: son fibrosas y consisten en radículas y vellos radicales.

- 🌿 Tallos: se componen de una serie de nudos y entrenudos, en orden alterno. El nudo se lleva una hoja y un capullo que pueden desarrollarse para constituir un vástago o renuevo. El entrenudo maduro es hueco y está estriado finamente.
- 🌿 Hojas: están dispuestas en ángulo con el tallo, en dos hileras, una en cada nudo. La hoja o la parte extendida de ella se sujeta al nudo por medio de la vaina (Contin, 1975).

2.1.3.2. Órganos florales

- 🌿 Panojas: la panoja es un grupo de espiguillas nacidas en el nudo superior del tallo. Las diversas variedades tienen consideraciones notables en cuanto a longitud, forma y ángulo de implantación de las ramas primarias, así como también en cuanto al peso y densidad de la panoja.
- 🌿 Espiguillas: la espiguilla individual está formada por dos glumas externas (lemas estériles) muy pequeñas y todas las demás partes florales se encuentran entre ellas o por encima de ellas. Crecen sobre el pedicelo que las conecta con la rama de la panoja.
- 🌿 El grano: se compone del ovario maduro, lema y la pálea, la requilla, las lemas estériles y las aristas cuando se encuentran presentes. (Contin, 1975).

2.1.3.3. Fases de desarrollo

El crecimiento de la planta de arroz es un proceso fisiológico continuo que comprende un ciclo completo desde la germinación hasta la maduración del grano.

🌱 Fase vegetativa: desde la germinación de la semilla hasta la diferenciación de la panícula.

🌱 Fase reproductiva: el período entre el inicio de la formación de la panoja y la floración. Puede iniciarse antes de alcanzar el máximo macollamiento.

🌱 Fase de maduración: desde la floración hasta la madurez total. Tiene una duración de 20 a 25 días.

CUADRO I. OCURRENCIA EN TIEMPO DE LAS ETAPAS DE CRECIMIENTO PARA ARROZ DE CICLO MEDIO

Fases	Vegetativa				Reproductiva			Maduración		
	51 días				31 días					
ETAPAS	Germinación, plántula	Macollamiento	Máximo macollamiento	Elongación del tallo	Iniciación de la panícula	Desarrollo de la panícula	Floración	Etapa lechosa	Etapa pastosa	Etapa de maduración
120 días de cultivo	3	18	55		66	85	90	97	107	120

Fuente: Crecimiento y etapas de desarrollo de la planta de arroz. CIAT 1980.

2 1 4 Exigencias ambientales

2 1 4 1 Temperatura

El arroz necesita para germinar un mínimo de 10 a 13° C considerándose su óptimo entre 30 y 35°C Por encima de los 40° C no se produce la germinación El crecimiento del tallo hojas y raíces tiene un mínimo de 7° C considerándose su óptimo en los 23° C Con temperaturas superiores a esta las plantas crecen más rápidamente pero los tejidos se hacen demasiado blandos siendo más susceptibles a los ataques de enfermedades

El espigado está influenciado por la temperatura y por la disminución de la duración de los días

Un tiempo lluvioso y con temperaturas bajas perjudica la polinización El mínimo de temperatura para florecer se considera de 15° C El óptimo de 30° C Por encima de los 50° C no se produce la floración Las temperaturas altas de la noche intensifican la respiración de la planta con lo que el consumo de las reservas acumuladas durante el día por la función clorofílica es mayor Por esta razón las temperaturas bajas durante la noche favorecen la maduración de los granos (Contín, 1975)

2 1 4 2 Precipitación

El arroz es una planta de suelos húmedos e inundados Para obtener un buen rendimiento son necesarios 200 300 mm de lluvia bien distribuidos por mes durante el ciclo del cultivo sin embargo el requerimiento depende mucho del tipo de suelo

Los requerimientos de agua para el cultivo del arroz en suelos arenosos son tres veces mayores que en suelos arcillosos. El periodo más crítico por necesidad de agua son los 10 días antes de la floración. La falta de agua en ese periodo es causa de una gran esterilidad de las flores y en consecuencia de reducidos rendimientos. El arroz se cultiva generalmente en áreas con relativa elevada humedad atmosférica (Benacchio y Avilán 1991).

2.1.4.3 Luz

Los requerimientos de luz en el arroz difieren según la fase de desarrollo del cultivo. Durante la fase vegetativa un sombreado que reduzca de 75 al 25 por ciento de la luz solar directa afecta solo ligeramente el rendimiento final.

Por el contrario, durante la fase reproductiva, el sombreado reduce notablemente el número de flores y en consecuencia el rendimiento. El sombreado por cielo nublado durante el periodo de maduración también reduce el rendimiento, ya que afecta el llenado del grano. La mayoría de las variedades del trópico son fotoperiódicamente sensitivas (Benacchio y Avilán 1991).

2.1.4.4 Viento

Vientos fuertes, especialmente en la época de maduración, pueden causar acamado o caída de las espigas, dificultando la recolección de la cosecha y ocasionando grandes pérdidas por pudrición del arroz, especialmente en condiciones de cultivo bajo riego (Benacchio y Avilán 1991).

2 1 4 5 Suelos

Tinoco (2009) menciona que el cultivo de arroz tiene lugar en una amplia gama de suelos variando la textura desde arenosa a arcillosa. Se suele cultivar en suelos de textura fina y media propias del proceso de sedimentación en las amplias llanuras inundadas y deltas de ríos. Los suelos de textura fina dificultan las labores pero son más fértiles al tener mayor contenido de arcilla, materia orgánica y suministrar más nutrientes. Por lo tanto, la textura del suelo juega un papel importante en el manejo del riego y de los fertilizantes.

El pH óptimo para el arroz es 6.6, pues con este valor la liberación microbiana de nitrógeno y fósforo de la materia orgánica y la disponibilidad de fósforo son altas y además las concentraciones de sustancias que interfieren en la absorción de nutrientes tales como manganeso, hierro, dióxido de carbono y ácidos orgánicos están por debajo del nivel tóxico (Benacchio y Avilan, 1991).

2 1 5 Generalidades sobre la variedad UP80FL

2 1 5 1 Origen

El cultivar de arroz UP80FL se originó de la línea designada como FL 06609 22P 5P 3P 2P M producto del cruce triple FL1028 8P 3 2P 1P M 2X 3P 1P/FL03216 1P 4 3P 4P MIP//FL03198 9P 3 2P 1P M 1P.

Esta linea formaba parte del Vivero de Observación del Fondo Latinoamericano de Arroz para Riego (VIOFLAR, 2007) cuyos materiales geneticos estaban para ese año en generacion F6 Este germoplasma fue evaluado en ensayos de observacion ensayos de rendimiento pruebas regionales en los sistemas de riego y secano en distintas areas arroceras del pais

2 1 5 2 Descripción del cultivar

La variedad de arroz UP80FL es de ciclo vegetativo intermedio entre 112 y 119 dias a cosecha Se le observa un buen vigor inicial con altura intermedia entre 111 y 117 centímetros Tiene tallos fuertes y flexibles lo que le da resistencia moderada al acame con macollamiento entre 6 a 19 hijos por una planta La panícula es intermedia con una longitud entre 19 a 28 centímetros con un desgrano predominantemente difícil La excreción de la panícula va de moderadamente emergida

2 1 5 3 Reacción a las principales enfermedades

Con la finalidad de observar y evaluar la tolerancia o susceptibilidad de los materiales geneticos en estudio en los ensayos de observacion en los ensayos de rendimiento y en los ensayos regionales no se utilizo ningun tipo de control para las enfermedades Los resultados de las evaluaciones efectuadas al material genetico con denominacion FL 06609 22P 5P 3P 2P M, a través de las distintas etapas arroceras de Panama permiten manifestar que la hoy variedad UP80FL es tolerante a las

principales enfermedades del arroz de importancia en el país como la Piricularia al follaje y al cuello de la panícula al *Helminthosporium oryzae* al escaldado de la hoja al añublo de la vaina *Rhizoctonia solani* a la pudrición de la vaina *Sarocladium oryzae* es moderadamente tolerante al manchado del grano. Presenta tolerancia a los daños por ataque de ácaros y bacterias.

2 1 5 4 Rendimiento de grano

El cultivar UP80FL ha mostrado un buen potencial de rendimiento su selección en el año 2007 resultó de su buen comportamiento agronómico tolerancia a enfermedades y rendimiento superior a los testigos en el VIOFLAR 2007 en el sistema de secano. Esta variedad ha mostrado una capacidad de rendimiento en el sistema de secano de llegar a producir 5 0 T ha⁻¹ mientras en el sistema de riego hasta 7 0 T ha⁻¹.

2 1 5 5 Rendimiento de molinería y calidad del grano

A la variedad UP80FL se le realizaron pruebas de molinería en el año 2010 tomando las muestras de los ensayos regionales tanto en el sistema de secano como en el de riego. Los resultados obtenidos en el sistema de secano fueron de un 66 1% de rendimiento total 53 3% de granos enteros 10 5% de granos quebrados y 3 9% de tiza para el sistema de riego el rendimiento total fue de 69 8% de granos enteros un 64 1% de granos quebrados un 6 1% y 0 0% de tiza. Para el año 2015 se le efectuó la

prueba de molinería a una muestra de la variedad obtenida de una prueba de riego y los resultados fueron de 71.0% de rendimiento total, un 61.5% de granos enteros, 5.0% de granos quebrados y 4.8% de tiza. La variedad presenta valores entre 1.5 y 1.9 para centro blanco (Jaen 2015) a parcialmente incluida. El grano en cascara se presenta sin arista o arista corta (uno a cinco milímetros), su longitud está entre los ocho a diez milímetros, con un ancho de tres milímetros.

2.1.6 Generalidades sobre el manejo del arroz

El nitrógeno y el espaciamiento entre plantas son factores importantes que determinan el rendimiento del arroz. Altos rendimientos generalmente son obtenidos incrementando las cantidades de nitrógeno o las densidades de siembra. La cantidad óptima de nitrógeno y la densidad de siembra son diferentes en dependencia de las variedades o genotipos entre otros factores (Cruz y Galano 1998).

Pulver y Jennings (1997) consideran que para dar un manejo adecuado del producto de este tipo de investigaciones deben asociarse ciertos aspectos relacionados por ejemplo para fertilización, el requerimiento del cultivo con niveles de fertilidad en el suelo y control de malezas con preparación del terreno, mientras que para la densidad de siembra los estudios deben considerar las necesidades óptimas en relación con la preparación de suelos.

Un plan óptimo de fertilización es resultado de un estudio previo de absorción de nutrientes. Estos estudios permiten determinar el momento exacto de mayor absorción de macro y microelementos a través de una curva de absorción.

Con el termino de Estudios de Absorción se pretende hacer referencia a todos aquellos estudios que tratan de contabilizar en alguna forma los requisitos extracción o el consumo de nutrimentos que efectúa un cultivo para completar su ciclo de producción (Medina 2011)

Estos estudios permiten de forma cuantitativa conocer la cantidad de nutriente en kg/ha que es absorbida por un cultivo para producir un rendimiento dado en un tiempo definido (Bertsch 2003)

2.1.7 El nitrógeno en el cultivo de arroz

El nitrógeno (N) es el nutrimento más aplicado en el cultivo del arroz pues es el más limitante y el de mayor respuesta. El nitrógeno utilizado por la planta de arroz procede de la materia orgánica del suelo, de la atmósfera acarreado por la lluvia, fijado por microorganismos y por la aplicación de fertilizantes. La mayoría del nitrógeno presente en el suelo se encuentra en forma orgánica. Este no puede ser utilizado directamente por la planta sino que debe ser mineralizado por procesos microbiales que ponen a disposición de las plantas una buena cantidad de nitrógeno en forma aprovechable.

En suelos secos o en condiciones aeróbicas el nitrógeno orgánico es transformado finalmente en nitratos. Estos tienen dos desventajas: son aniones fácilmente lixiviados y sufren el proceso de desnitrificación que convierte los nitratos a formas no aprovechables por las plantas que se pierden a la atmósfera y son tóxicos.

En suelos inundados (en ausencia de oxígeno) no se forman nitratos, sino que ocurre la acumulación de N en formas amoniacales, que son consideradas más provechosas por las siguientes razones:

- 🌱 El arroz utiliza mejor el amonio que el nitrato
- 🌱 Los productos de la reducción de nitratos son tóxicos para el arroz
- 🌱 La presencia de nitratos promueve o altera el orden de absorción de los nutrimentos, especialmente la absorción de manganeso
- 🌱 Los excesos de amonio no son tóxicos (Cruz y Galano, 1998).

2.1.7.1. Función del nitrógeno en la planta

Según Vargas (2002) la planta de arroz requiere de gran cantidad de este elemento en todo el ciclo; pero hay dos etapas de mayor exigencia: durante el macollamiento y al inicio de formación de panícula. El nitrógeno es un componente de las proteínas, las que a su vez son constituyentes del protoplasma, cloroplastos y enzimas.

Entre los principales beneficios del nitrógeno en el cultivo destacan los siguientes:

- 🌱 Aumenta el macollamiento y crecimiento general de la planta de arroz
- 🌱 Incrementa el número y tamaño de las hojas
- 🌱 Aumenta el número de espiguillas llenas por panícula
- 🌱 Incrementa el porcentaje de proteína en el grano

2.1.7.2. Síntomas de deficiencia del nitrógeno

- 🌱 Clorosis o amarillamiento en las hojas viejas, las hojas jóvenes se mantienen verdes
- 🌱 Poco macollamiento y crecimiento atrofiado
- 🌱 Hojas pequeñas, angostas y erectas
- 🌱 Las hojas viejas adquieren un color paja claro y mueren

2.1.7.3. Absorción y distribución del nitrógeno en la planta de arroz

El N es absorbido rápidamente durante las primeras etapas de desarrollo de la planta hasta el final de la etapa de grano pastoso. La mayoría de N tomado por la planta es almacenada en las láminas y vainas hasta la etapa de floración. A partir de este momento el N acumulado en las partes aéreas de la planta se trasloca rápidamente al grano en tal proporción que alrededor de la mitad del N almacenado en la planta va a los granos. La absorción del otro 50% del N contenido en el grano ocurre después de la floración (Vargas 2002).

2.2. Curvas de absorción

Para poder hacer las curvas de absorción es necesario generar en forma previa, la curva de crecimiento del cultivo, en términos de peso seco, información que, pese a

ser tan básica, muchas veces no se tiene disponible para los cultivos. De las curvas de absorción se pueden extraer las siguientes utilidades concretas:

- 🌱 Permiten conocer la acumulación de nutrimentos en el tiempo en los diferentes tejidos.
- 🌱 Permiten establecer durante el ciclo del cultivo los momentos de máxima absorción.
- 🌱 Se puede establecer el grado de reciclaje o retorno al sistema que tiene cada nutrimento.
- 🌱 Es posible establecer la presencia o no de translocación de nutrimentos de algunos tejidos a otros durante el ciclo.
- 🌱 Si la curva de aplicación se diseña en función de la absorción, permiten establecer un programa gradual a lo largo del ciclo que maximiza la eficiencia de la fertilización en el tiempo.
- 🌱 Con estudios de curvas de absorción se vuelve fácil establecer diferencias entre el comportamiento de variedades de un mismo cultivo. (Medina, 2011).

Para la determinación de las curvas de absorción de nutrimentos se establecen etapas del cultivo de manera que se tomen en cuenta aquellos momentos importantes en que la planta extrae nutrimentos, incluso hay algunas investigaciones cuyas curvas de absorción la realizan en base a consumos semanales de nutrimentos.

Un estudio realizado en Costa Rica por Molina y Rodríguez (2011), detallan las etapas tomadas en cuenta para realizar la curva de absorción de nutrimentos por la variedad de arroz CFX 18. Se establecieron cinco etapas fenológicas: macollamiento

activo (28 ddg) inicio primordio floral (43 ddg) floracion (66 ddg) llenado de grano (79 ddg) maduración (93 ddg)

El Instituto de Investigacion Agropecuaria de Panama y la Universidad de Panama particularmente la Facultad de Ciencias Agropecuarias son de manera general los entes encargados de la liberación de nuevas variedades de especies agricolas en el pais En el caso particular del arroz la Facultad de Ciencias Agropecuarias ha hecho ingentes esfuerzos por mejorar esta especie En el 2013 se libero la variedad FCA 161 FL y en noviembre del 2015 se libero la nueva variedad UP80FL ambas al igual que la mayoria de las variedades se liberaron con recomendaciones muy generales en términos de fertilizacion y densidad de siembra mismas que en muchos casos y para algunas localidades del pais no son aplicables

Por lo antes expuesto existe un panorama cuyo problema principal resulta del hecho que actualmente las variedades de arroz y otras especies se liberan con recomendaciones de densidad de siembra y fertilización generalizadas ya que hacen referencia a datos de la misma especie mas no de la misma variedad hecho que no se ajusta a la realidad de la nueva variedad afectando la maximización de su rendimiento

Todo esto provoca que la aceptacion de la nueva variedad por parte de los productores a veces no sea la esperada, ya que los rendimientos no son los mejores esto debido a que los mismos pueden recaer en condiciones de sub o sobre poblacion asi como también de sub o sobre fertilización Esta condicion incide directamente sobre los rendimientos de la variedad Los productores de igual forma al desconocer la cantidad de semilla a utilizar y la fertilizacion óptima pueden irrumpir en gastos innecesarios que a la postre disminuyen los retornos economicos esperados

3 MATERIALES Y METODOS

3.1 Area de estudio

La investigación se llevó a cabo en dos localidades con vocación arroceras en la provincia de Chiriquí. Un escenario del estudio fue en el corregimiento de Santa Gallo, distrito de Alanje (localidad uno) ubicado entre los $8^{\circ}22'13.30''$ latitud norte y $82^{\circ}36'16.08''$ longitud oeste, con suelos franco arenosos y arenosos y dentro de la zona de vida de Bosque Humedo Tropical según Holdridge (Tossi, 1971). Bajo sistema de secano (Figura 1).

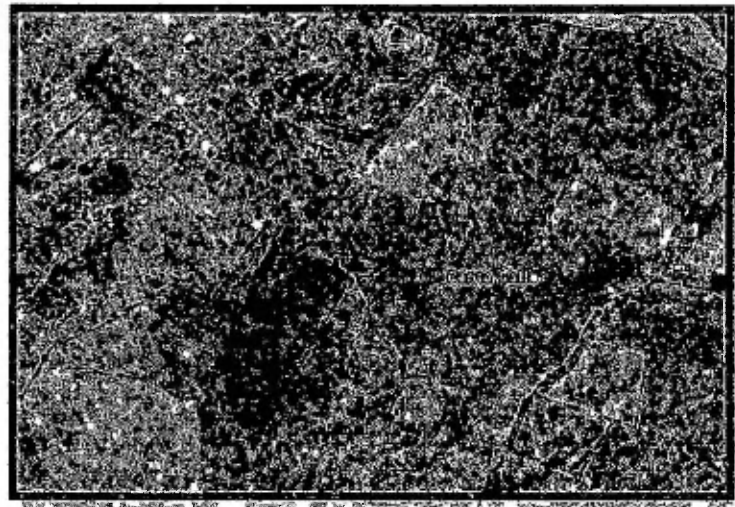


Figura 1 Santa Gallo, Alanje, Chiriquí (localidad uno)

El otro sitio de estudio fue la parcela 10 de la Facultad de Ciencias

Agropecuarias (localidad dos) destinados a la producción comercial de arroz establecidos en las riberas del río Chiriquí distrito de David con las coordenadas 8°23'58.95" latitud norte y 82°21'1.80" longitud oeste con orden de suelos Inceptisol dentro de la zona de vida de Bosque Humedo Tropical según Holdridge Tosi (1971) Bajo sistema de secano (Figura 2)

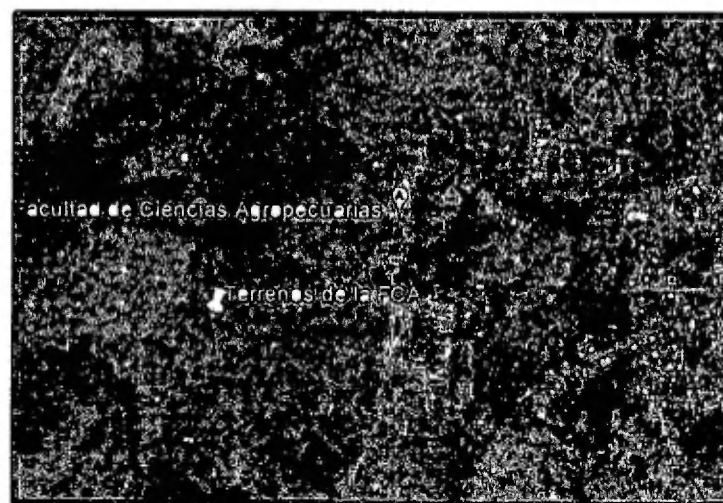


Figura 2 Parcela 10 Facultad de Ciencias Agropecuarias Chiriquí

3.2 Época de siembra

Este ensayo de secano se sembró en la localidad uno el 13 de junio de 2016 y la localidad dos fue sembrada el 22 de junio del mismo año

3 3 Material genético

Se utilizó la nueva variedad liberada en el 2015 por la FCA la UP80FL descrita anteriormente

3 4 Metodologías

3 4 1 Manejo de las parcelas

Cada parcela experimental constaba de 10 surcos de cinco metros de largo. Los surcos estuvieron espaciados por 0.2 metros para un área de 10 metros cuadrados (dos metros de ancho por cinco metros de largo). La parcela útil promedio para la localidad uno fue de 5.7 m² y para la localidad dos de 6.0 m². Se realizaron labores culturales (limpieza) para la preparación de la siembra. En cada bloque los tratamientos fueron aleatorizados.

Inicialmente a cada localidad se le realizó un análisis químico de suelos para conocer los niveles de fertilidad de los mismos y posteriormente elaborar el balance de nutrientes necesario para el plan de fertilización inicial de cada sitio (Cuadro II y III).

Para estimar la dosis de fertilización previa al establecimiento del ensayo se utilizó como referencia el análisis de suelo de cada sitio y los requerimientos del cultivo.

Para ello se empleó un cuadro de interpretación de análisis de suelo el cual permitió conocer la cantidad de elementos disponibles en el suelo al igual que sus

deficiencias y la relacion entre ellos utilizando formatos para el calculo de la dosis de fertilización para nivelar los elementos en cada suelo

CUADRO II ANALISIS QUIMICO DE SUELO DE ALANJE

	%	mg/L	Cmol c/L				mg/L						
	M Org	P	K	Ca	Mg	Al	Fe	Cu	Mn	Zn	S	B	Si
		315.77	0.27	2.80	0.48	4.75	102.9	10.5	10.5	2.0	8.12	1.260	5.6
NC	5.0	10.0	0.13	2.0	0.6	0.5	25.0	2.0	15.0	4.0	20.0	0.4	15.0

CUADRO III ANALISIS QUIMICO DE SUELO DE LA FCA

	%	mg/L	Cmol c/L				mg/L						
	M Org	P	K	Ca	Mg	Al	Fe	Cu	Mn	Zn	S	B	Si
		0.000	0.19	8.00	2.19	4.75	115.5	7.4	21.2	1.8	5.5		17.4
NC	5.0	10.0	0.13	2.0	0.6	0.5	25.0	2.0	15.0	4.0	15.0	0.5	15.0

Luego de obtener el análisis de suelo se hicieron los calculos pertinentes para conocer el balance de nutrimentos necesario para nivelar las deficiencias de algunos elementos en el suelo (Cuadro IV y V)

CUADRO IV HOJA DE CALCULO PARA CONOCER EL BALANCE DE NUTRIMENTOS (ALANJE)

Aportes y déficit del suelo (Kg/Ha)											
P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn	S	B	Si	
631.54	210.6	1120	115.2	205.8	21.0	21.0	4.0	16.2	2.5	11.1	
20	241.02	1120	168	205.8		21.0	4.0				
611.5	30	0	52.8	(155.8)	(17.0)	9.0	4.0	23.8	(1.7)	18.9	
20	101.4	800	144	50.0	4.0	30.0	8.0	40.0	0.8	30.0	

CUADRO V HOJA DE CALCULO PARA CONOCER EL BALANCE DE NUTRIMENTOS (FCA)

Aportes del suelo (Kg/Ha)										
P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn	S	B	Si
0 000	148 2	3200	525 6	231 0	14 8	42 4	3 6	11 0		19 4
20	249 6	3200	525 6	231 0		28 0	2 0			
20	101 4	2400	381 6	(181 0)	(10 8)	(12 4)	4 4	19 0	1 0	(4 8)
20	101 4	800	144	50 0	4 0	30 0	8 0	30 0	1 0	30 0

En la Cuadro VI se observa las cantidades de nutrimentos utilizadas para el balance del suelo y las fuentes seleccionadas para suplir dichas deficiencias

CUADRO VI CANTIDAD Y FUENTES DE NUTRIMENTOS PARA EL BALANCE DEL SUELO POR LOCALIDAD

LOCALIDAD	COMPUESTO											
	K ₂ O		P ₂ O ₅		S		MgO		SiO ₂		CaO	
	Cantidad (kg ha ⁻¹)	Fuente	Cantidad (kg ha ⁻¹)	Fuente	Cantidad (kg ha ⁻¹)	Fuente	Cantidad (kg ha ⁻¹)	Fuente	Cantidad (kg ha ⁻¹)	Fuente	Cantidad (kg ha ⁻¹)	Fuente
ALANJE	36 00	Subomag	***	***	23 80	Subomag	87 65	Subomag Magnesil	40 1	Magnesil	546 00	Nitrato de Calcio
FCA	121 68	12 24-12 8 8 KCl	45 80	12 24-12 8 8	19 00	NH ₄ SO ₄ 12 24-12 8 8	***	*	***	**	*	

Una vez nivelado el deficit de nutrimentos en el suelo las dosis de fósforo (P) y potasio (K) recomendadas para el cultivo se aplicaron al momento de la siembra y las fuentes para estos elementos seran 12 24 12 (N P₂O₅ K₂O) y cloruro de potasio (60% de K₂O) respectivamente

En cuanto al nitrógeno (N) éste se aplicó de manera fraccionada a los 17 30 y 55 dias después de la siembra (dds) con Urea al 46% de N

La dosis de nitrógeno fue de 120 kg ha⁻¹ (atendiendo al requerimiento del cultivo) correspondio al nivel uno de los cuatro tratamientos y así mismo se establecio la

cantidad de N para cada uno de los tres tratamientos restantes. En este sentido los tratamientos de nitrógeno quedaron de la siguiente manera

CUADRO VII TRATAMIENTOS DE NITROGENO

Tratamiento	Dosis de nitrógeno	
	kg por hectarea	kg por parcela
1	60	0.06
2	120	0.12
3	180	0.18
4	240	0.24

En cuanto a la semilla se tomó en cuenta la recomendación señalada al momento de liberar la variedad que corresponde a 113.6 kg ha^{-1} . En este sentido se utilizaron 0.11 kg de semilla por parcela que correspondieron a 11.34 g de semilla/surco (10 surcos por parcela).

Para el ensayo completo incluyendo las dos localidades se utilizaron 3.52 kg de semilla.

3.4.2 Muestreos en la parcela

Se realizaron cinco muestreos para análisis foliares y elaboración de curvas de absorción de nutrimentos en las diferentes etapas fenológicas del cultivo.

CUADRO VIII EPOCAS DE MUESTREO

Muestreo	Dias después de la siembra
1	25
2	40
3	60
4	90
5	125 (cosecha)

Para los muestreos se selecciono al azar un área de 0 20 m x 0 20 m (0 04 m²) para realizar el corte a ras de suelo de cada parcela tomando en cuenta que las areas muestreadas debian ser lo mas homogéneas posibles evitando el efecto de borde

Fueron empacadas y llevadas en principio al invernadero de la Facultad de Ciencias Agropecuarias para pesarlas en humedo secar al horno a 65° C y posteriormente fueron molidas Luego fue determinado el peso seco a cada muestra para finalmente ser analizadas bajo los protocolos de analisis foliares del Laboratorios de Suelos y Aguas de la Universidad de Panamá

3 4.3 Análisis foliares

Los analisis foliares se realizaron con las siguientes las metodologias establecidas en el Laboratorio de Análisis de Suelos y Aguas de la Facultad de Ciencias Agropecuarias

🔦 El análisis de fósforo foliar se realizó por medio del método de espectrofotometría, (colorimetría complejo coloreado con molibdo-vanadato de amonio).

🔦 Los macro y micronutrientes se determinaron por el método de extracción con ácido clorhídrico a partir de ceniza, (espectrofotometría de absorción atómica).

🔦 El análisis de nitrógeno se realizó con el método de Kjeldahl utilizando bloque de digestión y destilador.

Los datos de los resultados de los análisis fueron utilizados para elaborar las curvas de absorción de nutrientes para cada localidad.

3.5. Elaboración de las curvas de absorción

La cantidad de nutrientes absorbida por una planta se obtiene de la relación entre el peso seco de los tejidos y la concentración de nutrientes en esos tejidos. Estos datos se pueden obtener una vez en el ciclo de vida del cultivo, también se pueden obtener en varias etapas durante el ciclo, preferiblemente asociadas a cambios fenológicos importantes, cuando se refiere a elaborar curvas de absorción (Bertsch, 2005).

Para la elaboración de las curvas de absorción de nutrientes se calcularon los kilogramos de nutriente absorbido en términos de biomasa seca, para ello se determinó sobre la base seca por hectárea y las concentraciones de cada nutriente.

Posteriormente se graficó para cada nutrimento la curva de absorción correspondiente que permitió conocer e identificar los puntos de mayor absorción para cada nutrimento

3.6 Análisis estadístico

Los tratamientos fueron analizados mediante un diseño de bloques completamente al azar (BCA) con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. Los valores promedios de rendimiento de grano (kg ha^{-1}) según la dosis de nitrógeno aplicada fueron analizados empleando el procedimiento GLM de SAS (The SAS System).

Para poder analizar los datos de ambas localidades y realizar el análisis de varianza conjunta es necesario verificar si ocurre homocedasticidad entre los resultados de las variables en estudio a través de la aplicación de la prueba de Hartley (Lopez y Gonzalez 2013). En este sentido se realizó una prueba del cociente de F máximo de Hartley. Las hipótesis a evaluar fueron:

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

$$H_a: \sigma_k^2 \neq \sigma_k^2 \text{ para } k \neq k \text{ a través de la prueba de Hartley}$$

CUADRO IX ANALISIS DE VARIANZA DEL MODELO ESTADISTICO

Fuente de variacion		Grados de libertad	
Bloques	$(B-1)$	$=$	3
Tratamientos	$(T-1)$	$=$	3
Error experimental	$(B-1)(T-1)$	$=$	9
Total	3 3	$=$	15

3 6 1 Análisis de datos por separado (por localidad)

El modelo matematico planteado para el analisis por separado fue el siguiente

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + e_{ij}$$

Siendo

Y_{ij} = toneladas de arroz por hectarea

μ = media general del experimento

α_i = efecto de tratamiento

β_j = efecto de bloque

e_{ij} = error experimental

3 6 2 Análisis conjunto (ambas localidades)

El modelo adoptado fue el siguiente

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_{j/k} + l_k + (\tau l)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

Siendo:

Y_{ijk} = toneladas de arroz por hectárea

μ = media general

τ_i = efecto de tratamiento

$\beta_{j/k}$ = efecto de bloque

l_k = efecto de localidad

$(\tau l)_{ik}$ = efecto de la interacción entre el tratamiento y la localidad

ε_{ijk} = error experimental

3.7. Variables de estudio

🌱 Biomasa seca (kg ha^{-1}).

🌱 Contenido foliar de nutrientes en las etapas fenológicas (% o mg kg^{-1}).

🌱 Rendimiento en kg ha^{-1} ajustados al 14% de humedad.

4 RESULTADOS Y DISCUSION

Al realizar la prueba de Hartley el resultado fue el siguiente

$$F(\max) = \frac{CM \text{ residuo (máx)}}{CM \text{ residuo (min)}} = \frac{0.54 \text{ (Alanje)}}{0.44 \text{ (FCA)}} = 1.27$$

En la tabla de Valores Criticos de la prueba de F máxima de Hartley para homogeneidad de varianzas (ver Anexo 6) se tiene para (0.05 2 15)= 2.86 siendo que el valor calculado es menor que el correspondiente en dicha tabla lo que indica que hay homocedasticidad de varianzas. Por lo tanto no se rechaza la hipótesis nula de tal manera que es posible agrupar en un análisis conjunto este grupo de experimentos.

Luego de haber realizado el analisis en conjunto con el modelo propuesto se concluye que el mayor efecto significativo se refiere a las localidades. Los tratamientos de nitrogeno tambien presentan diferencias significativas pero no así la interaccion entre estos y la localidad (Cuadro X). Por lo tanto los factores pueden analizarse por separado.

CUADRO X ANALISIS DE VARIANZA CONJUNTA

Fuente	GL	Tipo I SS	CM	Valor de F	Pr > F
LOCAL	1	34.86125	34.86125	70.25	0.0001
REP (LOCAL)	6	6.40750	1.06791	2.15	0.0971
TRAT	3	11.17375	3.72458	7.51	0.0018
LOCAL*TRAT	3	4.64375	1.54791	3.12	0.0519

4.1 Efecto del nitrógeno sobre el rendimiento

El propósito de este experimento fue analizar la respuesta de la variedad UP80FL a dosis crecientes de N. El análisis de varianza del rendimiento promedio de toneladas de arroz por hectárea en la localidad uno (Alanje) no mostro diferencias significativas ($P>0.05$) entre bloques pero si entre tratamientos (Cuadro XI)

CUADRO XI ANALISIS DE VARIANZA DEL RENDIMIENTO PROMEDIO DE TONELADAS DE ARROZ POR HECTAREA EN ALANJE

Procedimiento de Modelo Lineal General				
Variable Dependiente Rendimiento				
Fuente	GL	Suma de cuadrados	Valor de F	Pr > F
Modelo	6	18.6550000	6.99	0.0054
Error	9	4.00250000		
Total	15	22.65750000		
Corregido				
	R-cuadrado	C V		REND Mean
	0.823348	11.52268		5.78750000
Fuente	GL	Tipo I SS	Valor de F	Pr > F
BLO	3	3.89250000	2.92	0.0929
TRAT	3	14.76250000	11.06	0.0022

Como se aprecia en el Cuadro XII no se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P>0.05$) entre los tratamientos uno, dos y tres. Sin embargo, el tratamiento cuatro difirió significativamente ($P>0.05$) de los tratamientos uno, dos y tres, registrando este el menor rendimiento en comparación con el resto.

CUADRO XII RENDIMIENTO PROMEDIO DE TONELADAS DE ARROZ POR HECTAREA EN ALANJE

Tratamiento	Rendimiento ($\bar{x} \pm EE$)
2	6 2000 \pm 0 44 ^a
1	6 0750 \pm 0 44 ^a
3	5 9250 \pm 0 44 ^a
4	4 9500 \pm 0 44 ^b

Estos resultados manifiestan que para obtener una producción óptima basta con aplicar 60 kg de N ha⁻¹ y el uso de dosis altas de este elemento puede afectar la producción. Esto discrepa de cierto modo con los hallazgos de Molina y Rodríguez (2011) con la variedad CFX 18 en suelos Inceptisoles de México quienes utilizaron 0 80 120 160 kg de N ha⁻¹ e indicaron que la dosis de 120 kg ha⁻¹ de N fue óptima.

Sin embargo, trabajos realizados por Méndez (2009) concuerdan con nuestros resultados al demostrar que variedades de ciclo intermedio (110-130 días) como es el caso de la variedad empleada en esta investigación (UP80FL) responden bien entre 30 y 60 kg N ha⁻¹. Esto es debido a que dosis excesivas de nitrógeno provocan vuelco, retrasan la floración y aumentan la incidencia de enfermedades (Méndez 2009).

**CUADRO XIII ANALISIS DE VARIANZA DEL RENDIMIENTO PROMEDIO
DE TONELADAS DE ARROZ POR HECTAREA EN LA FCA**

Procedimiento de Modelo Lineal General				
Variable Dependiente Rendimiento				
Fuente	GL	Suma de cuadrados	Valor de F	Pr > F
Modelo	6	3 57000000	1 09	0 4372
Error	9	4 93000000		
Total Corregido	15	8 50000000		
	R-cuadrado	C V		REND Mean
	0 623348	20 00325		3 70000000
Fuente	GL	Tipo I SS	Valor de F	Pr > F
BLO	3	2 51500000	1 53	0 2725
TRAT	3	1 05500000	0 64	0 6070

En el Cuadro XIII se presenta el analisis de varianza del rendimiento promedio de toneladas de arroz por hectarea en la localidad dos (FCA) El mismo demostró que no existen diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos evaluados esto pudo ser producto de que en esta localidad el suelo paso parte del ciclo inundado ya que coincidio con el periodo de lluvias de modo que la efectividad de la fertilizacion con los tratamientos de nitrogeno pudo verse afectada por tal situacion El nitrogeno pudo ser arrastrado por el agua al momento de las lluvias Esta situacion pudo ser producto tambien por el nivel freatico del suelo en el momento de desarrollo de esta investigación

CUADRO XIV. RENDIMIENTO PROMEDIO DE TONELADAS DE ARROZ POR HECTÁREA EN LA FCA.

Tratamiento	Rendimiento ($\bar{x} \pm EE$)
1	4.2000 ± 0.54^a
2	3.9250 ± 0.54^a
4	3.3500 ± 0.54^a
3	3.2750 ± 0.54^a

En la FCA no hubo diferencias significativas en ninguna de las dosis de nitrógeno aplicadas al suelo. Esto nos indica, que la variedad UP80FL, bajo estas condiciones, responde de igual forma independientemente de las dosis de nitrógeno aplicadas. Aunque no existieron diferencias estadísticas significativas, se observa en ambas localidades, que los tratamientos tres y cuatro, a pesar de aportar las mayores dosis de N, registran los menores rendimientos, mientras que los tratamientos uno y dos, igualmente en ambas localidades, registran los mayores rendimientos con menores cantidades de N aplicadas.

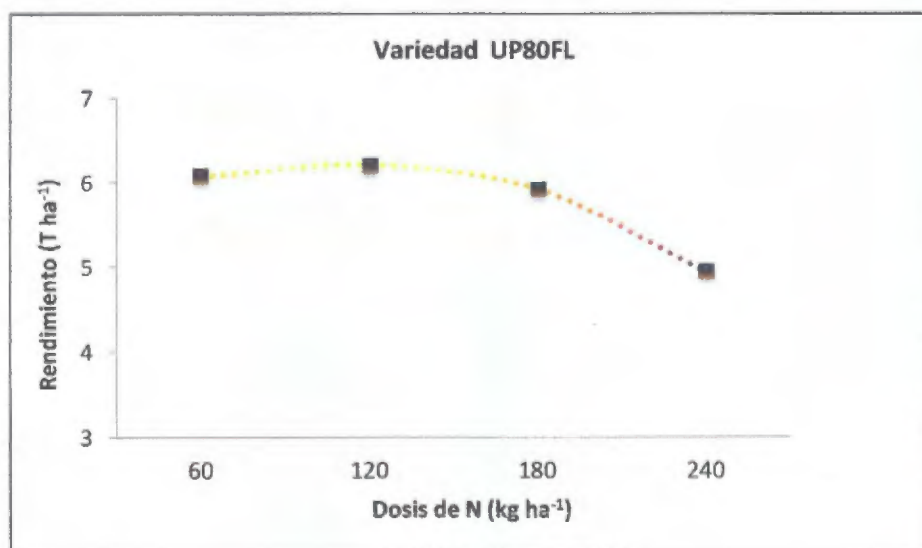


Figura 3. Efecto de la dosis de N (kg ha⁻¹) sobre el rendimiento (T ha⁻¹) de la variedad UP80FL bajo condiciones de secano (Alanje).

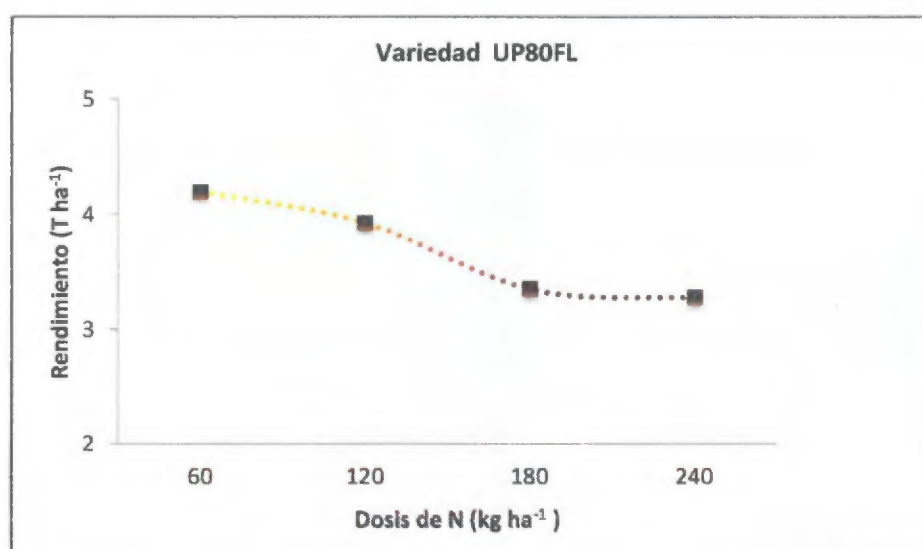


Figura 4. Efecto de la dosis de N (kg ha⁻¹) sobre el rendimiento (T ha⁻¹) de la variedad UP80FL bajo condiciones de secano (FCA).

El comportamiento arriba detallado, se puede observar gráficamente en las figuras 3 y 4.

Para conocer entonces, cuál es el tratamiento que representa el mejor rendimiento a un menor costo se procedió a realizar un análisis económico, y luego de detectado, se realizaron las correspondientes curvas de absorción.

4.2. Análisis económico de presupuesto parcial y tasa de retorno marginal

Una recomendación es información que el agricultor puede utilizar para mejorar la productividad de sus recursos. Puede considerarse que una buena recomendación es aquella acción que el agricultor, con sus recursos actuales escogería si contara con toda la información que los investigadores tienen. El agricultor puede utilizar una recomendación directamente, como en el caso del nivel de fertilizantes. Los datos agronómicos en los que se fundamentan las recomendaciones deben corresponder a las

condiciones agroecológicas del agricultor y la evaluación de tales datos debe ser coherente con sus objetivos y circunstancias socioeconómicas. El análisis de presupuesto parcial es un método que se utiliza para organizar los datos experimentales con el fin de obtener los costos y beneficios de los tratamientos alternativos que son evaluados tomando en cuenta los costos que varían de un tratamiento a otro (dosis de fertilizante). El análisis marginal revela exactamente cómo los beneficios netos de una inversión incrementan al aumentar la cantidad invertida (costo del fertilizante) es decir el beneficio de pasar de una dosis más baja de fertilizante a una dosis más elevada (CIMMYT 1988).

Para este estudio se utilizaron los precios actuales del fertilizante nitrogenado que fue Urea 46% de nitrógeno el cual tenía un valor de B/ 22 00 por quintal lo que representa un valor de B/ 1 05 por kg de N. El precio que se le paga al productor por quintal de arroz en cascara es de B/ 24 50 lo que representa un valor de B/ 0 54 por kg. El costo de la aplicación del fertilizante es igual en todos los tratamientos por lo cual no se incluye en el análisis de presupuesto parcial donde solo participan los costos que varían.

CUADRO XV ANALISIS DE PRESUPUESTO PARCIAL EN LA LOCALIDAD DE ALANJE

DETALLE	TRATAMIENTO kg ha ⁻¹ N			
	1	2	3	4
	60	120	180	240
Rendimiento medio (kg ha ⁻¹)	6075	6200	5930	4950
beneficio bruto (B/ ha ⁻¹)	3274 75	3342 13	3196 59	2668 32
costo del nitrógeno (B/ ha ⁻¹)	63 13	126 26	189 39	252 52
total costos que varían (B/ ha ⁻¹)	63 13	126 26	189 39	252 52
beneficio neto (B/ ha ⁻¹)	3211 62	3215 87	3007 20	2415 80

En el Cuadro XV aparecen los detalles del análisis de presupuesto parcial para la localidad de Alanje observando que los costos que varían están compuestos solo por el costo del nitrógeno ya que el costo de aplicación es similar en todos los tratamientos

CUADRO XVI ANALISIS DE RETORNO MARGINAL EN LA LOCALIDAD DE ALANJE

tratamiento kg ha ⁻¹ N	costo que varían B/ ha ⁻¹	beneficio neto	tasa de retorno marginal %
60	63 13	3211 62	
120	126 26	3215 87	6 73
180	189 39	3007 20	330 55
240	252 52	2415 80	936 80

En la figura 5 se presenta la curva de beneficios netos para la localidad de Alanje la cual muestra que los tratamientos que presentan mayor beneficio neto con menor

costo variable son las dosis de 60 y 120 kg de N por hectárea. Hay que tomar en cuenta el análisis de retorno marginal (Cuadro XVI), el cual indica que al pasar de la dosis de 60 kg de N por ha a una dosis de 120 kg de N por ha, solo hay una tasa de retorno marginal de 6.73%, lo que significa que por cada dólar invertido en subir de 60 a 120 kg de N por hectárea, el agricultor puede esperar recobrar el B/. 1.00 invertido y obtener B/.0.07 adicionales. Tanto la experiencia como la evidencia empírica han demostrado que, en la mayoría de los casos, la tasa de retorno mínima aceptable para el agricultor se sitúa entre el 50 y 100%. Las tasas de retorno marginal de las demás dosis son negativas, indicando que el costo de aumentar las dosis por encima de 120 kg de N por hectárea no es rentable en esta localidad.

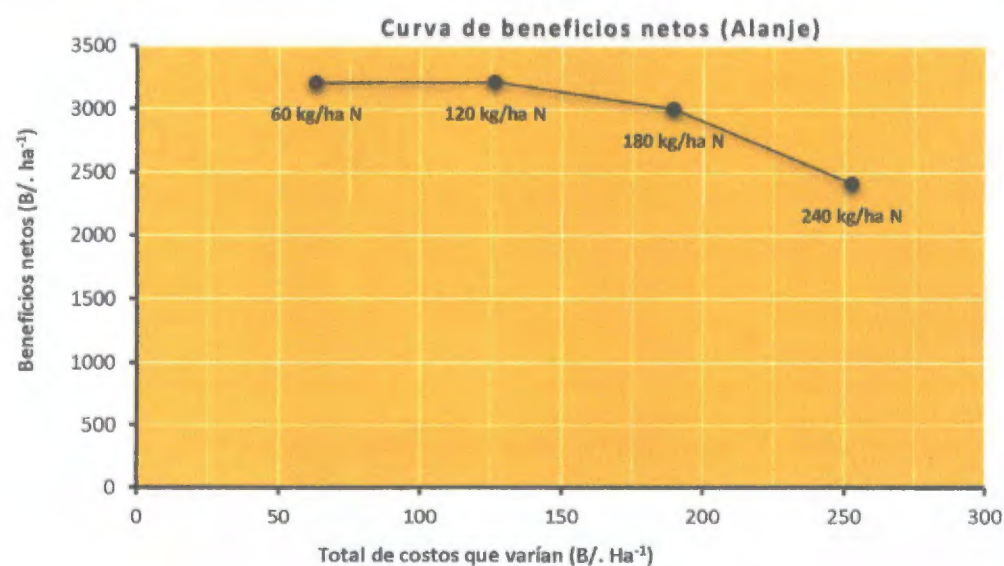


Figura 5. Curva de beneficios netos en la localidad de Alanje

CUADRO XVII ANALISIS DE PRESUPUESTO PARCIAL DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

DETALLE	TRATAMIENTO kg ha ⁻¹ N			
	1	2	3	4
	60	120	180	240
Rendimiento medio (kg ha ⁻¹)	4200	3930	3350	3280
beneficio bruto (B/ ha ⁻¹)	2264 03	2118 48	1805 83	1768 10
costo del nitrógeno (B/ ha ⁻¹)	63 13	126 26	189 39	252 52
total costos que varían (B/ ha ⁻¹)	63 13	126 26	189 39	252 52
beneficio neto (B/ ha ⁻¹)	2200 90	1992 22	1616 44	1515 58

En el Cuadro XVII aparecen los detalles del análisis de presupuesto parcial para la Facultad de Ciencias Agropecuarias observando que los costos que varían están compuestos solo por el costo del nitrógeno ya que el costo de aplicación es similar en todos los tratamientos

CUADRO XVIII ANALISIS DE RETORNO MARGINAL EN LA LOCALIDAD DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

tratamiento kg ha ⁻¹ N	costo que varían B/ ha ⁻¹	beneficio neto	tasa de retorno marginal %
60	63 13	2200 90	
120	126 26	1992 22	330 55
180	189 39	1616 44	595 25
240	252 52	1515 58	159 77

En la figura 6, se observa la curva de beneficios netos para la Facultad de Ciencias Agropecuarias, la cual muestra que el tratamiento que presenta mayor beneficio neto con menor costo variable fue la dosis de 60 kg de N por hectárea. En el análisis de retorno marginal (Cuadro XVIII), indica que las tasas de retorno marginal de las demás dosis son negativas, indicando que el costo de aumentar las dosis por encima de 60 kg de N por hectárea no es rentable en esta localidad.

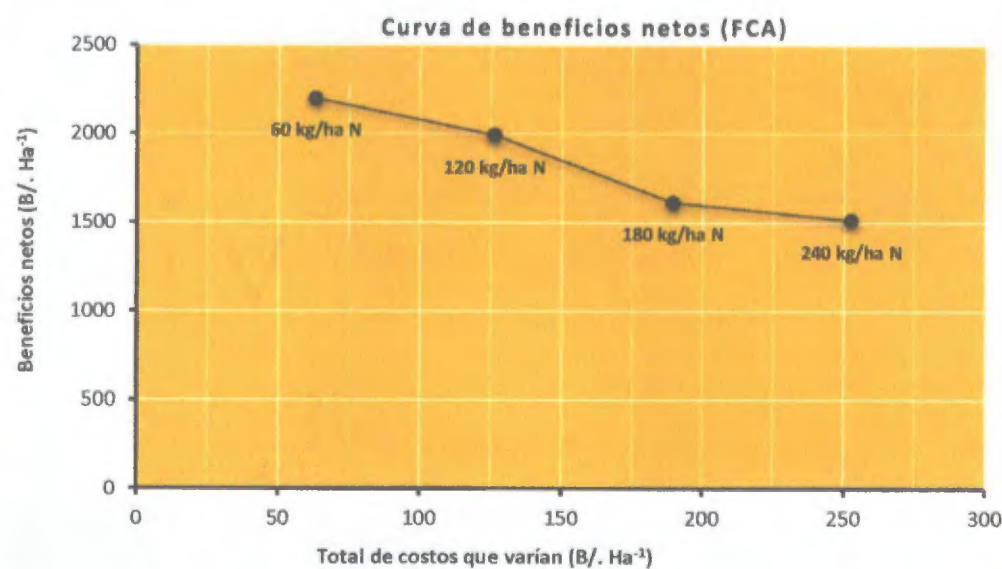


Figura 6. Curva de beneficios netos en la Facultad de Ciencias Agropecuarias

4.3. Curvas de Absorción

La absorción de nutrientes es un fenómeno que ocurre día a día. La cantidad de nutrientes removidos del suelo por un cosecha de arroz varía con el cultivar, la

producción de biomasa, el suelo, clima y el manejo; de esta forma podemos encontrar diferencias muy grandes en los datos de extracción de nutrientes por el arroz en diferentes partes del mundo. (Cordero, 1993).

En la Figura 7 se observa la producción de biomasa seca producida por etapa fenológica en ambas localidades.

Se obtuvo una producción de biomasa seca total de 27,517.1 kg ha⁻¹ y 21,222.5 kg ha⁻¹ en la localidad uno y dos, respectivamente.

Para la realización de las curvas de absorción de nutrientes, se utilizaron las extracciones obtenidas con el tratamiento uno en ambas localidades, considerando que en Alanje no hubo diferencias estadísticas significativas entre los tres primeros tratamientos; y en la FCA no hubo diferencias significativas entre todos los tratamientos.

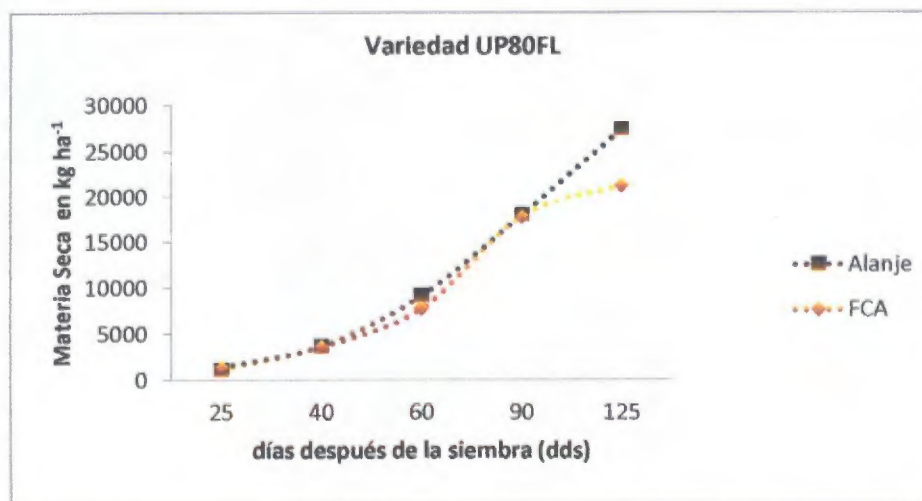


Figura 7. Biomasa seca producida (kg ha⁻¹) a través de las etapas fenológicas del cultivo en ambas localidades.

En ambas localidades se observa que la producción de materia seca va en ascenso a medida que el cultivo se desarrolla. Este comportamiento se presenta de manera similar en las variedades VIOAL-3189 e IDIAP-7, estudiadas por Name y Villarreal (2004).

4.3.1. Absorción y distribución de nitrógeno

En la Figura 8 se detallan las cantidades de N absorbidas a través de las distintas etapas fenológicas de la variedad en ambas localidades.

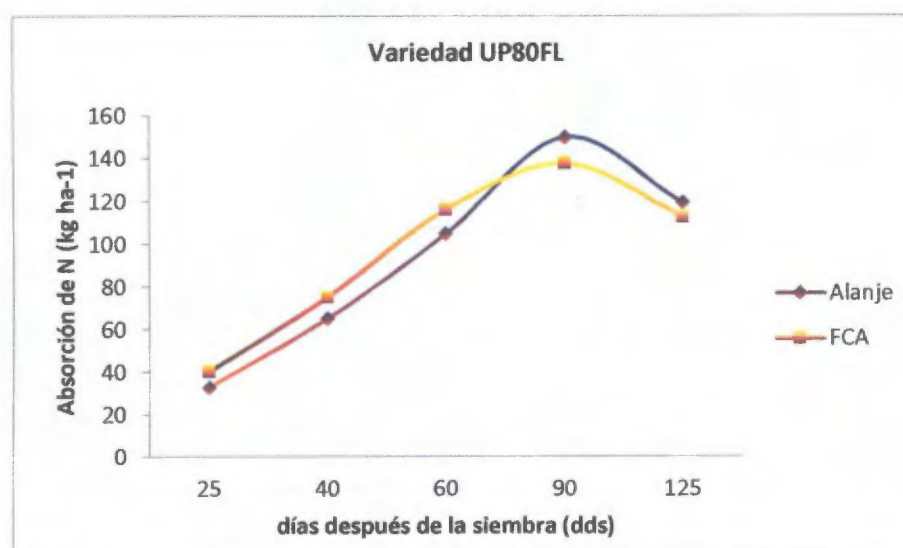


Figura 8. Absorción de N (kg ha⁻¹) en las diferentes etapas fenológicas de la variedad UP80FL bajo condiciones de secano en ambas localidades.

Como se observa, el N es absorbido rápidamente y en forma creciente desde el estado de plántula, continúa esta tendencia en el inicio del macollamiento (25 dds), y

se mantiene hasta los 60 dds cuando alcanza el máximo macollamiento para llegar al punto mayor de absorción en el inicio de la floración a los 90 dds y luego declina con la maduración del grano y la cosecha

Se muestra gráficamente cuánto y cuándo se debe fertilizar con N para optimizar el rendimiento en esta variedad. En Alanje la absorción máxima asciende a 150.1 kg ha^{-1} de los cuales 108.2 kg se acumularon en la paja y 41.9 kg en el grano y ocurre en estado del inicio de la floración. Se nota que desde la germinación hasta la etapa de macollamiento activo (40 dds) la planta removió del medio 65.5 kg ha^{-1} de N (44%). De los 40 a los 60 dds absorbió 39.4 kg ha^{-1} de N (26% del N total) mientras que del máximo macollamiento hasta el estado del inicio de la floración 45.2 kg ha^{-1} de N (30% del total).

En la FCA se muestra que más del 50% del N es absorbido en los primeros días del cultivo. En esta localidad la absorción en las primeras etapas fue mayor que la absorbida en Alanje. En el inicio de la floración ocurre la absorción máxima que fue de 137.7 kg ha^{-1} (105.2 kg se acumularon en la paja y 32.5 kg en el grano) desde la germinación hasta la etapa de macollamiento activo la planta absorbió 75.5 kg ha^{-1} de N (55%). De los 40 a los 60 dds absorbió 40.7 kg ha^{-1} de N (30% del N total) y en la etapa de máximo macollamiento hasta el estado del inicio de la floración la absorción de nitrógeno fue de 21.5 kg ha^{-1} (15% del total).

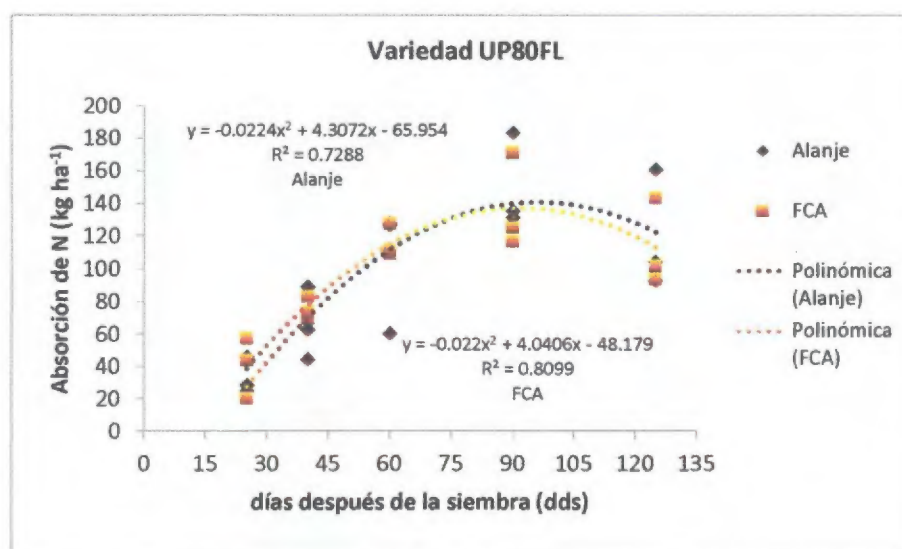


Figura 9. Curva de regresión para la absorción de N (kg ha⁻¹) de la variedad UP80FL bajo condiciones de secano en ambas localidades.

En términos generales, se puede inferir que con una fertilización de siembra (de acuerdo al análisis de suelo), que incluya N en cantidades considerables (tratamiento uno) podrían suplir el N que las plantas el arroz necesita durante los primeros 30-35 días, ya en esta fase, en ambas localidades, el cultivo absorbió aproximadamente un promedio del 35% del N total. El restante 65% podría distribuirse aplicando el 30% antes de los 50-55 días y el 35% restante en la última aplicación a los 70-75 días.

Cabe señalar que las gráficas se trabajaron con una regresión de tipo polinómica de orden dos con un ajuste de 73 y 81% para la localidad uno y dos, respectivamente (Figura 9).

4.3.2. Absorción y distribución de fósforo

El fósforo al igual que el nitrógeno, tiene su importancia dentro del desarrollo y crecimiento de la planta. El fósforo promueve el macollamiento, el desarrollo de la raíz, floración temprana y la maduración (Domínguez, 2011).

La absorción de P, en ambas localidades, es muy baja y casi constante hasta los 40 dds, etapa de macollamiento activo. A esta edad, la planta ha removido solamente 6.6 kg ha⁻¹ de P en la localidad uno y 3.5 kg ha⁻¹ de P en la localidad dos. Luego aumenta la absorción hasta la etapa de máximo macollamiento (60 dds).

Posteriormente los incrementos de P son constantes, pero igualmente bajos hasta la madurez del grano, donde se obtuvo la máxima absorción 29.6 kg ha⁻¹ (12.5 kg en la paja y 17.1 kg en el grano) en la localidad uno y 13.6 kg ha⁻¹ en la localidad dos de los cuales 6.2 kg se acumularon en la paja y 7.4 kg en el grano. Este comportamiento fue contrario al presentado por el N (Figura 10).

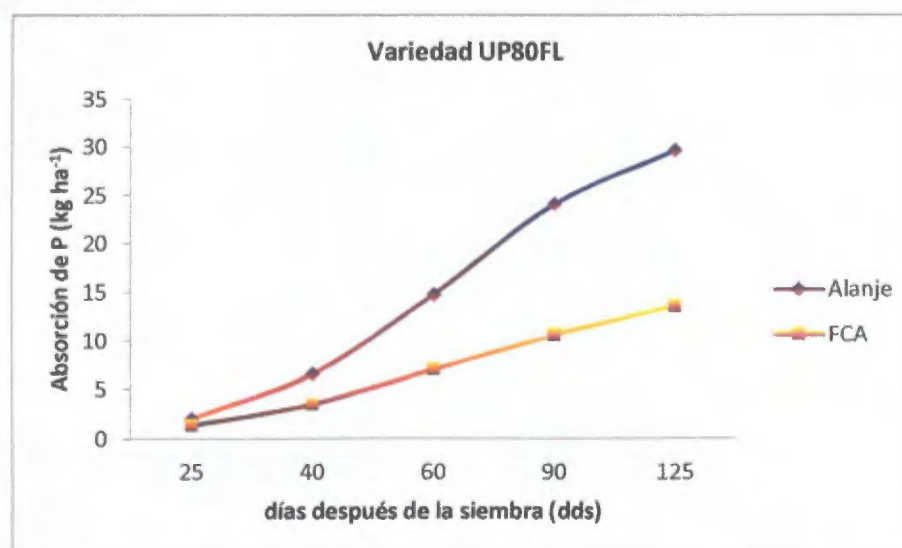


Figura 10. Absorción de P (kg ha⁻¹) por etapa fenológica de la variedad UP80FL bajo condiciones de secano en ambas localidades.

De acuerdo a este grafico las necesidades de P de la planta de arroz son muy bajas hasta los 40 dds. Esto nos sugiere que el fertilizante fosfatado se debe aplicar en la etapa de inicio de macollamiento en mezcla con N y K al voleo pero por problemas de posicion y de reaccion del P con algunos cationes que forman compuestos relativamente poco solubles en condiciones de secano se recomienda aplicar el P a la siembra y debajo de la semilla (cuando se siembra con maquina sembradora) para aumentar la eficiencia del fertilizante (Vargas 2002)

En esta variedad al igual que en muchas otras las cantidades de P extraidas son muy bajas. En este sentido las respuesta a dosis elevadas de P son poco probables y dicha respuesta va a estar definida por el sistema de cultivo (riego o secano) del analisis quimico de suelos del pH y del tipo de suelo.

En Alanje esta variedad absorbio más fósforo en contraste con la variedad FCA 97116 utilizada en un estudio desarrollado por Dominguez (2011) situacion que pudo estar favorecida por los elevados niveles de P que inicialmente se encontraban en el medio evidenciados en el analisis de suelo. Sin embargo un estudio reportado por Ulate (2011) en Costa Rica por la variedad LP 5 obtuvo extracciones similares de P. Incluso la absorcion de P estudiada por Vargas (2002) para la variedad FD 50 supera los 45 kg ha⁻¹.

En la FCA se absorbió casi la mitad del P absorbido en Alanje. Este comportamiento pudo deberse a que el contenido de P suelo de la FCA era muy bajo (trazas).

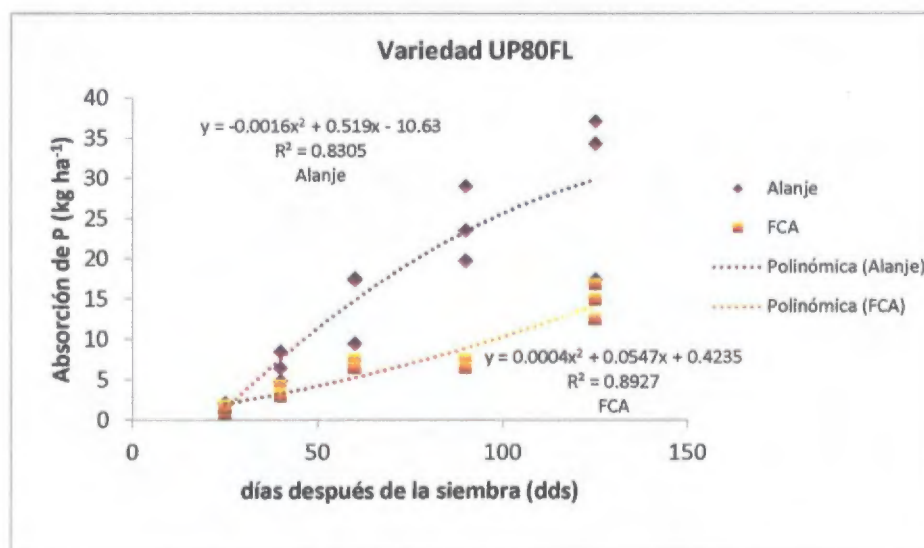


Figura 11. Curva de regresión para la absorción de P (kg ha⁻¹) de la variedad UP80FL bajo condiciones de secano en ambas localidades.

Las gráficas se trabajaron con una regresión de tipo polinómica de orden dos con un ajuste de 83 y 89% para la localidad uno y dos, respectivamente (Figura 11).

4.3.3. Absorción y distribución de potasio

El potasio además de abreviar el período de floración-maduración, aumenta la longitud de la panícula, el peso del grano y el rendimiento industrial del arroz en cáscara. Así como favorece la formación de vástagos e incrementa la respuesta al fósforo (Domínguez, 2011).

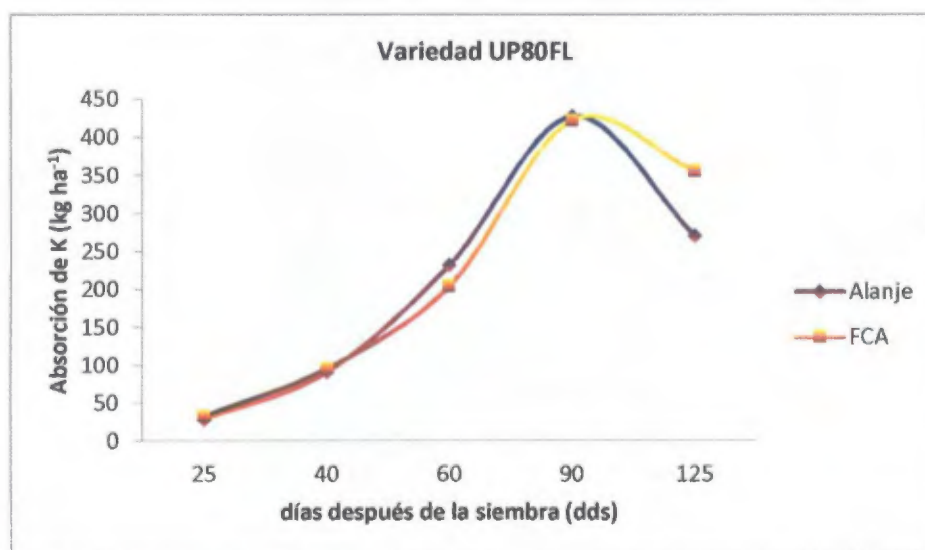


Figura 12. Absorción de K (kg ha⁻¹) por etapa fenológica de la variedad UP80FL bajo condiciones de secano en ambas localidades.

En ambas localidades el comportamiento de la planta en cuanto a la absorción de K fue similar al del N (Figura 8), pero con valores relativamente mayores. El valor de máxima absorción de K para la localidad uno alcanza los 428.1 kg ha⁻¹ (399.7 kg en la paja y 28.4 kg en el grano) y en la localidad dos fue de 422.7 kg ha⁻¹ (402.1 kg en la paja y 20.6 kg en el grano) y también ocurre antes de la floración, al igual que la absorción máxima del nitrógeno. Desde la siembra hasta los 40 dds la planta removió el 22 % del total (92.0 kg ha⁻¹) en la localidad uno; y el 23 % del total (96.6 kg ha⁻¹) en la localidad dos. Desde los 40 hasta los 60 dds, en la localidad uno absorbió 140.6 kg

ha⁻¹, que representa el 33 % del K total y en la localidad dos, para esta misma etapa, se absorbieron 108.3 kg ha⁻¹ (26 % del K total). Por último, desde los 60 dds hasta el inicio de la floración, en la localidad uno se acumularon 195.5 kg ha⁻¹ o sea un 46 %, mientras que en la localidad dos, 217.8 kg ha⁻¹ (51 %) (Figura 12). Las gráficas se trabajaron con una regresión de tipo polinómica de orden dos con un ajuste de 81 y 88% para la localidad uno y dos, respectivamente (Figura 13).

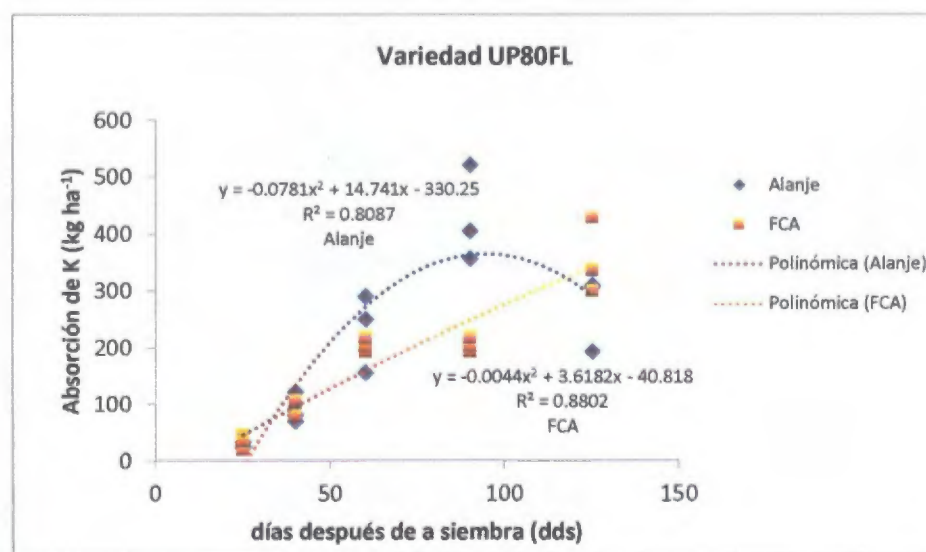


Figura 13. Curva de regresión para la absorción de K (kg ha⁻¹) de la variedad UP80FL bajo condiciones de secano en ambas localidades.

En ambas localidades, el K resultante del análisis de suelo fue alto, y para el caso de la FCA, además de presentar este valor un poco superior al nivel crítico del suelo, fue aportada una cantidad adicional para nivelar la relación de las bases. Esta adición de K pudo ser la causa de que en este sitio, se extrajera un poco más de este elemento, ya que la disponibilidad era mayor.

Un comportamiento similar ocurrió en la variedad FD 50 donde las extracciones de este nutrimento en las etapas arriba mencionadas fueron de 14 41 y 45% respectivamente En resumen hasta los 51 ddg la planta absorbió el 55% del K total y de esta fase en adelante absorbió el 45% restante (Vargas 2002)

Name y Villarreal (2004) encontraron que en las ultimas semanas el contenido de potasio en el follaje de la variedad IDIAP 7 llega a extraer entre 300 y 700 kg ha⁻¹ Estos mismos autores hacen énfasis en que la gran cantidad de K que el follaje puede aportar a las futuras cosechas cuando este es incorporado al suelo

En ambos sitios el K fue absorbido mayormente por el follaje esto concuerda con lo expuesto por Name y Villarreal (2004)

4.3.4 Absorción y distribución de calcio

El calcio tiene gran importancia como regulador del metabolismo vegetal confiere rigidez a los tejidos celulares estimula el crecimiento del sistema radicular y en forma balanceada favorece la absorción y transporte de fósforo (Dominguez 2011)

El patrón de absorción de calcio fue muy parecido al de N y K en ambas localidades y la mayor parte de la absorción de Ca ocurrió entre los 40 y 90 días (82 y 77% del Ca total absorbido) en la localidad uno y dos respectivamente El valor máximo de absorción fue de 29.0 kg ha⁻¹ en la localidad uno y 41.7 kg ha⁻¹ en la localidad dos A partir de este momento (inicio de la floración) la absorción de Ca decrece a medida que se acerca a la maduración (Figura 14)

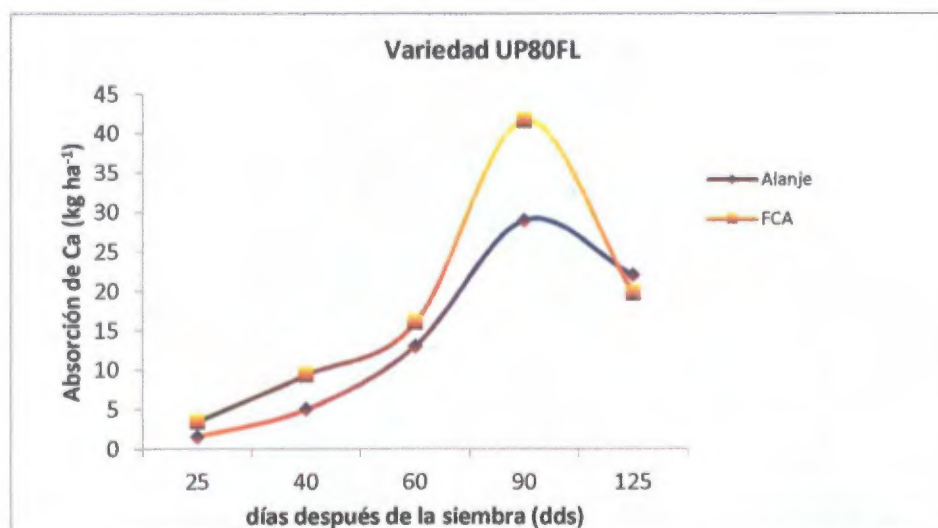


Figura 14. Absorción de Ca total (kg ha^{-1}) por etapa fenológica de la variedad UP80FL bajo condiciones de secano en ambas localidades.

La variedad LP-5, estudiada por Ulate (2011), obtuvo resultados similares, donde cerca del 76% de la totalidad del calcio fue absorbido entre los 30 y 100 ddg.

Igualmente Domínguez (2011), reportó un comportamiento en la absorción del Ca muy parecido en la variedad FCA 97116, en donde la absorción máxima de este nutriente ocurrió en la floración, para luego disminuir paulatinamente, pero en esta variedad la absorción de Ca fue mucho menor. Esto pudo ser causado a que las cantidades de este nutriente en el medio donde la planta lo obtuvo, eran bajas, mientras que el contenido de suelo en estudio fue medio.

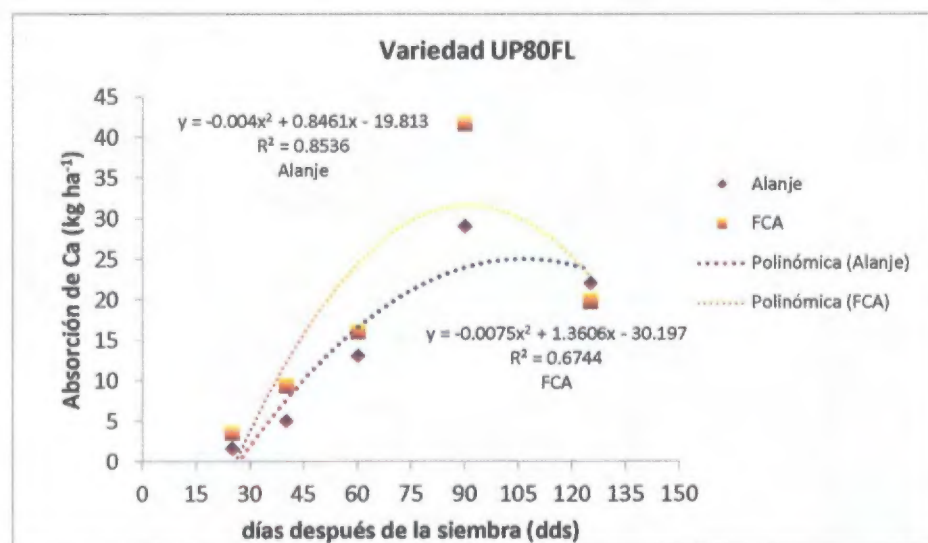


Figura 15. Curva de regresión para la absorción de Ca (kg ha^{-1}) de la variedad UP80FL bajo condiciones de secano en ambas localidades.

En la figura 15 se detalla la curva de regresión para dicha absorción, con una ecuación polinómica de orden 2, donde el R^2 resultó con un valor de 0.85 y 0.67 para la localidad uno y dos, respectivamente.

4.3.5. Absorción y distribución del magnesio

El magnesio es un elemento móvil dentro de la planta y participa en casi todas las reacciones que ocurren dentro de ella, como activador enzimático. Es el único mineral que forma parte de la molécula de la clorofila (Domínguez, 2011).

La extracción máxima de Mg en la localidad uno fue de 31.9 kg ha^{-1} , valor similar a la extracción de P. En la localidad dos se extrajeron $21.0 \text{ kg de Mg ha}^{-1}$. Una

absorción similar fue reportada para la variedad IDIAP-7 por Name y Villarreal (2004) y la misma fue de aproximadamente 23 kg ha^{-1} en la última semana del cultivo.

Tanto en magnesio como el fósforo mantuvieron una curva de absorción ascendente hasta llegar a la fase de maduración. En esta etapa, la extracción del magnesio es del 26 y 21% del total absorbido en la localidad uno y dos, respectivamente, durante el ciclo del cultivo. (Figura 14). Un comportamiento muy parecido encontró Molina y Rodríguez (2011), en la variedad CFX 18, donde cerca del 25% del Mg fue absorbido en la etapa de maduración.

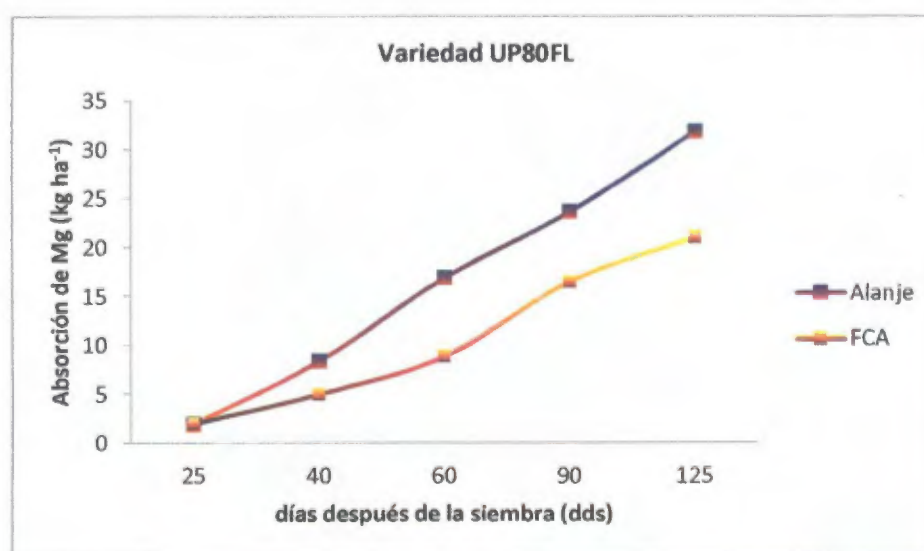


Figura 16. Absorción de Mg (kg ha^{-1}) por etapa fenológica de la variedad UP80FL bajo condiciones de secano en ambas localidades.

Se observa que en los primeros días del cultivo (25 dds), la extracción es mínima (de apenas 1.9 y 2.0 kg ha^{-1}) en la localidad uno y dos, respectivamente. Esta mínima cantidad también la reporta la variedad CFX 18, con una extracción de Mg a los 28 ddg de 2 kg ha^{-1} (Molina y Rodríguez, 2011).

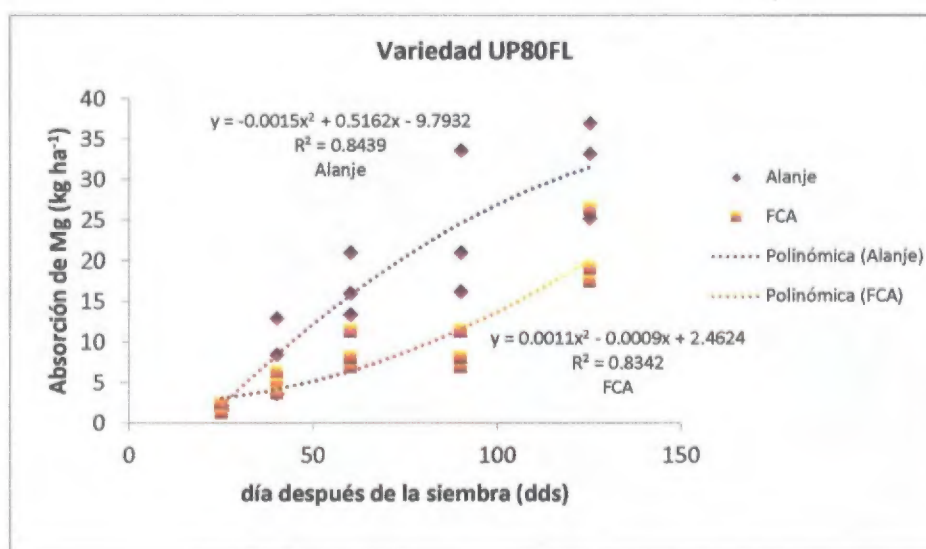


Figura 17. Curva de regresión para la absorción de Mg (kg ha^{-1}) de la variedad UP80FL bajo condiciones de secano en ambas localidades.

La Figura 17 demuestra la ecuación polinómica de orden dos, con todos los puntos de extracción del Mg por etapa fenológica, con un R^2 de 0.84 y 0.83 para la localidad uno y dos, respectivamente.

4.3.6. Absorción y distribución de hierro

El hierro es esencial para la formación del grano, ya que actúa en la síntesis de proteínas (De Datta, 1986).

Éste fue el segundo micronutriente mayormente extraído en la localidad uno, con una absorción de 2.19 kg ha^{-1} ; mientras que para la localidad dos, este fue el micronutriente mayormente absorbido, con una extracción de 4.3 kg ha^{-1} . (Figura 18). En ambas localidades, la mayor absorción se registró en la etapa de maduración

Domínguez (2011) reportó para la variedad FCA 97116, la mayor absorción a los 63 días después de la siembra, coincidiendo con el inicio de la fase reproductiva. Este mismo autor, reporta una absorción máxima de Fe de apenas 520 g ha⁻¹.

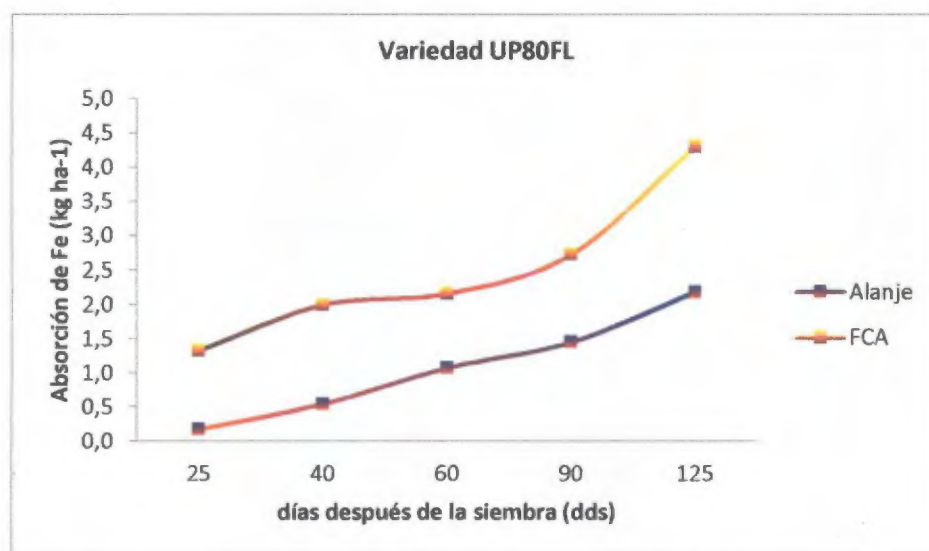


Figura 18. Absorción de Fe (kg ha⁻¹) por etapa fenológica de la variedad UP80FL bajo condiciones de secano en ambas localidades.

Por su parte Molina y Rodríguez (2011) y reportaron absorciones máximas de Fe para la variedad estudiada de 5.7 kg ha⁻¹. Esta alta cantidad de Fe absorbida, al igual que de la UP80FL, puede ser producto del contenido inicial de este elemento en el suelo.

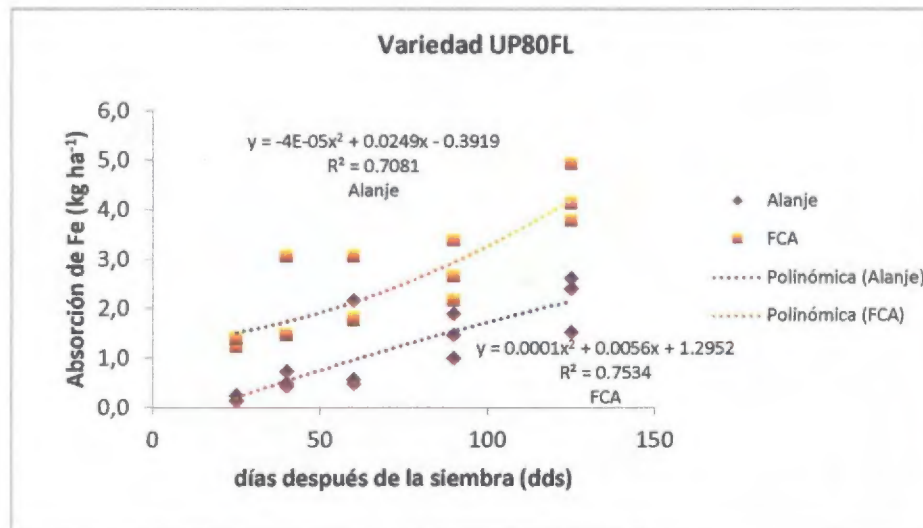


Figura 19. Curva de regresión para la absorción de Fe (kg ha^{-1}) de la variedad UP80FL bajo condiciones de secano en ambas localidades.

Esta gráficas se trabajó con una regresión de tipo polinómica de orden dos con un ajuste de 73 y 81% para la localidad uno y dos, respectivamente (Figura 19).

4.3.7. Absorción y distribución de cobre

La deficiencia de este elemento puede causar la disminución del crecimiento, deformación y decoloración de hojas jóvenes, hasta inhibir la floración (Domínguez, 2011).

La absorción de Cu, para ambas localidades fue muy baja y constate durante el ciclo, reportándose los primeros incrementos a partir los 60 dds y disminuye en la etapa final. La absorción máxima de Cu en la localidad uno fue de 180.3 g ha^{-1} , mientras que en la localidad dos fue de 120.08 g ha^{-1} . (Figura 20).

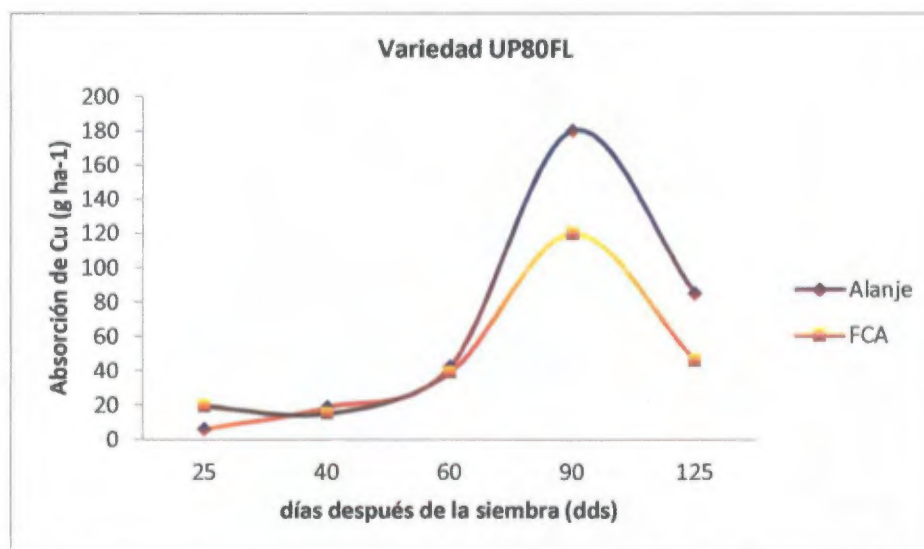


Figura 20. Absorción de Cu (g ha^{-1}) por etapa fenológica de la variedad UP80FL bajo condiciones de secano en ambas localidades.

Amador y Bernal (2012), encontraron en la variedad Venezuela 21 inundada, que el Cu es mayor demandado en la etapa de grano maduro. Sin embargo los estudios sobre la variedad FCA 97116 y CFX 18, evidenciaron la mayor demanda de este elemento a los 63 y 85 días después de la siembra.

En ambas localidades, la absorción de este elemento fue similar tanto en comportamiento como en cantidad extraída.

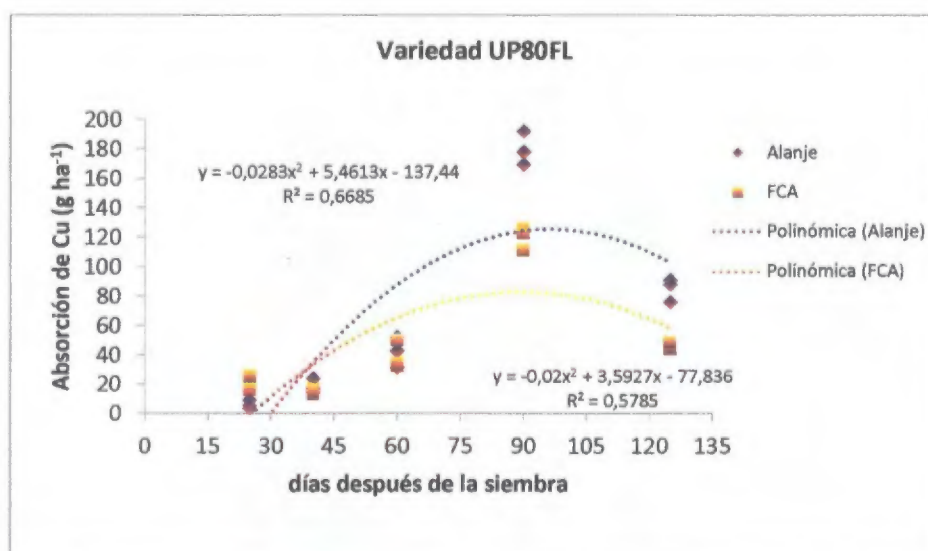


Figura 21. Curva de regresión para la absorción de Cu (g ha⁻¹) de la variedad UP80FL bajo condiciones de secano en ambas localidades.

El gráfico se trabajó con una regresión de tipo polinómica de orden dos con un ajuste de 67 y 59% para la localidad uno y dos, respectivamente (Figura 21).

4.3.8. Absorción y distribución de Manganeso

El manganeso es importante en la fotosíntesis, es constituyente estructural de las proteínas y activador de varias enzimas (De Datta, 1986).

El Mn al igual que el Hierro, fue uno de los micronutrientes mayormente absorbido por el cultivo, con una absorción máxima en la localidad uno de 5645.7 g h⁻¹ y 4741.9 g h⁻¹ en la localidad dos. Su contenido es muy bajo hasta los primeros 40 días del cultivo y empieza su incremento partir de los 60 días, y su máxima absorción se registra en la etapa final (Figura 20). Su comportamiento es similar al del Fe.

El Mn es absorbido en cantidades parecidas a las del Fe. El estudio realizado por Molina y Rodríguez (2011) en la variedad CFX 18, afirma esta similitud en cantidades extraídas de estos elementos.

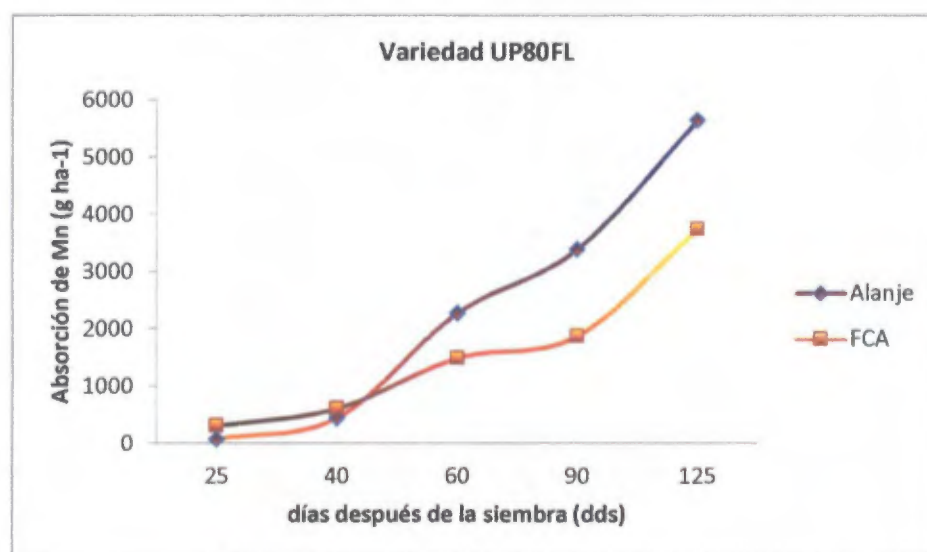


Figura 22. Absorción de Mn (g ha^{-1}) por etapa fenológica de la variedad UP80FL bajo condiciones de secano en ambas localidades.

Estas cantidades resultan altas para lo reportado por la variedad FCA 97116, con una absorción máxima de apenas 399.5 g ha^{-1} .

En el siguiente gráfico se detalla a curva de regresión utilizada para la absorción del manganeso. La misma fue polinómica de orden dos, con un ajuste de 65% para la localidad uno y del 91% para la localidad dos.

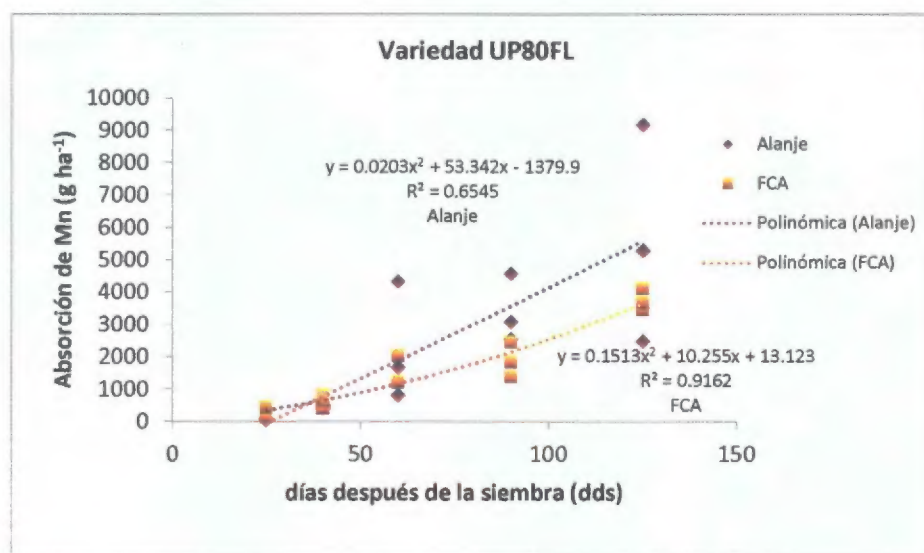


Figura 23. Curva de regresión para la absorción de Mn (g ha⁻¹) de la variedad UP80FL bajo condiciones de secano en dos localidades.

4.3.9. Absorción y distribución de Zinc

El zinc es esencial para promover ciertas reacciones metabólicas y activar algunos sistemas enzimáticos. Cumple funciones en la síntesis de la clorofila y en la formación de hidratos de carbono, es esencial en la producción de materiales genéticos (De Datta, 1986).

La absorción de zinc fue baja durante los primeros días del cultivo en ambas localidades. Su contenido aumenta a partir de la elongación del tallo y su absorción se mantiene en aumento hasta llegar a su pico máximo en la etapa de maduración del grano, con una cantidad absorbida de 521.0 g ha⁻¹ en la localidad uno y 404.5 g ha⁻¹ en

la localidad dos. Un comportamiento parecido lo reporta Ulate (2011) para la variedad LP-5, que registra su máxima absorción igualmente en las etapas finales del ciclo.

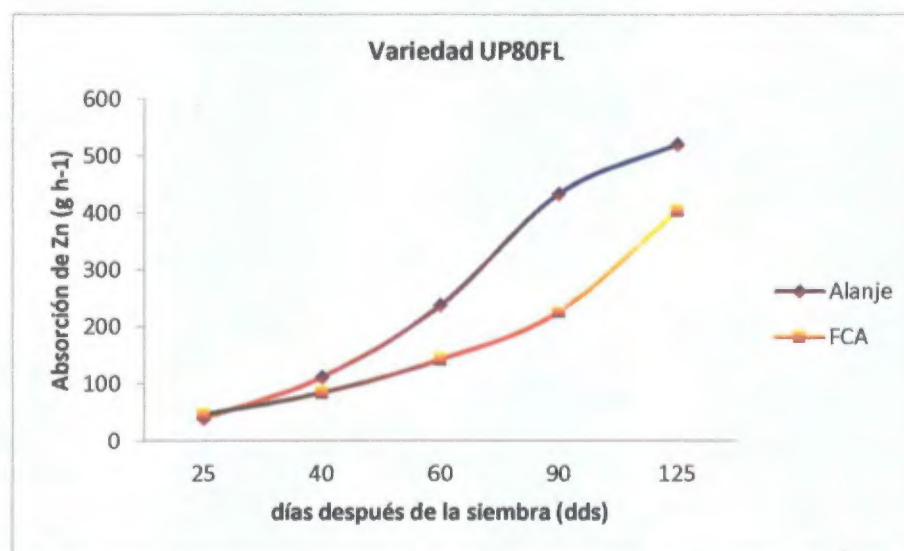


Figura 24. Absorción de Zn (g ha^{-1}) por etapa fenológica de la variedad UP80FL bajo condiciones de secano en dos localidades.

Situación contraria sucede en la variedad FCA 97116, donde además de absorber menos Zn (160 g ha^{-1}), su máxima absorción tiene lugar a los 108 dds, y luego disminuye en la etapa final. Un resultado muy similar reportaron Molina y Rodríguez (2011), donde el Zn se incrementó a partir de los primeros 28 días y alcanzó valores máximos durante la maduración. Para ello sugieren que en cuanto a la aplicación foliar de micronutrientes como Zn y B, el mejor momento es al inicio del primordio, en pre-floración y en floración.

Un comportamiento distinto del Zn se observó en la variedad FD-50 estudiada por Vargas (2002), siendo que a los 66 ddg se observó un pico de extracción de este nutriente. Sin embargo, estas cantidades siguen siendo bajas, posiblemente porque

las plantas, en las primeras etapas, tienen poca masa radical y porque las necesidades de la misma planta son bajas.

Este mismo autor destaca que, en algunas ocasiones, se presentan síntomas visibles de deficiencia de este nutrimento antes de los 30 ddg, por esta razón se recomienda hacer aspersiones foliares entre los 15 y 25 ddg para suplir esa deficiencia. También se recomienda hacer otra aplicación foliar de Zn aproximadamente entre los 55 y 70 ddg (dependiendo de la variedad), porque como se aprecia en el gráfico 24, esta es una etapa de gran demanda de este nutrimento por parte de la planta.

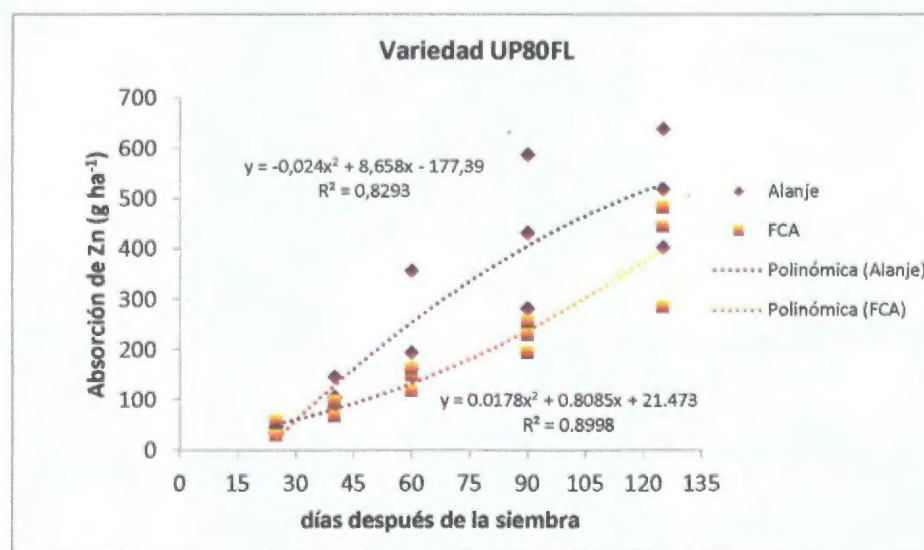


Figura 25. Curva de regresión para la absorción de Zn (g ha^{-1}) de la variedad UP80FL bajo condiciones de secano en dos localidades.

Se utilizó una regresión de tipo polinómica de orden dos con un ajuste de 73 y 90% para la localidad uno y dos, respectivamente (Figura 25).

4.4 Recomendación de fertilización en base a los resultados obtenidos

4.4.1 Alanje

CUADRO XIX ESTIMACION DE DOSIS DE NUTRIMENTOS PARA LA VARIEDAD UP80FL BAJO CONDICIONES DE SECANO (ALANJE)

Condiciones para el cálculo	Cálculos				
	N	P	K	Ca	Mg
Requerimiento en kg ha ⁻¹ (nutr extraído)	150.1	29.6	428.1	29.0	31.9
Cantidad aplicada para balancear el suelo (kg ha ⁻¹)	0.00	0.00	30.0	0.00	52.8
Requerimiento total (kg ha ⁻¹)	150.1	29.6	458.1	0.00	84.7
Cantidad presente en el análisis de suelo (kg ha ⁻¹)		631.5	210.6	1120.0	115.2
Cantidad final a aplicar (kg ha ⁻¹)	150.1	0.00	247.5	0.00	0.00
Eficiencia del fertilizante	0.45	0.20	0.45		
Factor de conversión de elemento a compuesto		2.29	1.20	1.40	1.66
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Dosis de nutrientes estimada (kg ha ⁻¹)	333.56	0.00	550	0.00	0.00

Para el cálculo se tomó en cuenta los datos de extracción de cada elemento sin dejar a un lado los contenidos de éstos resultantes del análisis de suelo. En este sentido para el fósforo, calcio y magnesio luego de realizar los cálculos pertinentes se obtuvo que sus contenidos en el suelo eran suficientes para suplir la demanda de la variedad. Este procedimiento se hace con el fin de optimizar al máximo el uso de fertilizantes aprovechando al máximo la disponibilidad de nutrientes ofertados por el suelo redundando en mayores ganancias para el productor. A continuación se realizarán los cálculos finales de fertilizantes necesarios para cubrir las necesidades arriba estimadas (Cuadro XX).

CUADRO XX CALCULO PARA LAS DOSIS DE FERTILIZANTES (ALANJE)

Fuente	Cantidad (kg)	Requerimientos (kg ha ⁻¹)					
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S
		333 56	0 00	550	0 00	0 00	0 00
Urea (46% de N)	725 13	333 56					
		0 00					
KCl (60% de K ₂ O)	916 67			550			
				0 00			
TOTAL (kg)	1641 8						
FÓRMULA (%)		20	0	33	0	0	0

Nitrógeno**Fuente** Urea (46%)

Cantidad de fuente (kg) = $\frac{\text{cantidad requerida} \times 100}{\% \text{ de pureza de la fuente}}$

$$\text{Cantidad de fuente (kg)} = \frac{333.56 \text{ kg} \times 100}{46} = 725.13$$

Potasio**Fuente** KCl (60% de K₂O)

Cantidad de fuente (kg) = $\frac{\text{cantidad requerida} \times 100}{\% \text{ de pureza de la fuente}}$

$$\text{Cantidad de fuente (kg)} = \frac{550 \text{ kg} \times 100}{60} = 916.67$$

La fórmula resultante incluye la dosis completa del nitrógeno y del potasio. Sin embargo, el fraccionamiento de nitrógeno se recomienda realizar un 40% de la dosis total a los 30 días después de la siembra y el 60% restante se dividirá de la siguiente manera: 30% entre los 50-55 días y el otro 30% entre los 70-75 días (antes de floración).

3 1 2 FCA

CUADRO XXI ESTIMACION DE DOSIS DE NUTRIMENTOS PARA LA VARIEDAD UP80FL BAJO CONDICIONES DE SECANO (FCA)

Condiciones para el cálculo	Cálculos				
	N	P	K	Ca	Mg
Requerimiento en kg ha ⁻¹ (nutr extraído)	137.7	13.6	422.7	41.7	21.0
Cantidad aplicada para balancear el suelo (kg ha ⁻¹)	0.00	20.0	101.4	0.00	0.00
Requerimiento total (kg ha ⁻¹)	137.7	23.6	524.1	41.7	21.0
Cantidad presente en el análisis de suelo (kg ha ⁻¹)		0.00	148.2	3200.0	525.6
Cantidad final a aplicar (kg ha ⁻¹)	137.7	23.6	375.9	0.00	0.00
Eficiencia del fertilizante	0.45	0.20	0.45		
Factor de conversión de elemento a compuesto		2.29	1.20	1.40	1.66
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Dosis de nutrientes estimada (kg ha ⁻¹)	306	270.22	1002.4	0.00	0.00

En este sitio el calcio y magnesio en el suelo fueron suficientes para suplir la demanda de la variedad. Se requiere entonces aplicar nitrógeno, fósforo y potasio. A continuación se realizarán los cálculos finales de fertilizantes necesarios para cubrir las necesidades arriba estimadas (Cuadro XXII).

CUADRO XXII. CÁLCULO PARA LAS DOSIS DE FERTILIZANTES (FCA).

Fuente	Cantidad (kg)	Requerimientos (kg ha ⁻¹)					
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S
		306	270.22	1002.4	0.00	0.00	0.00
DAP (46% de P ₂ O ₅) (18% de N)	587.43	105.73 (aporte de DAP)	270.22	---	---	---	---
		200.27	0.00				
Urea (46% de N)	435.37	200.27	---	---	---	---	---
		0.00					
KCl (60% de K ₂ O)	1670.67	---	---	1002.4	---	---	---
				0.00			
TOTAL (kg)	2693.47						
FÓRMULA (%)		11	10	37	0	0	0

Fósforo

Cantidad de fuente (kg)= $\frac{\text{cantidad requerida} \times 100}{\% \text{ de pureza de la fuente}}$

Cantidad de fuente (kg)= $\frac{270.22 \text{ kg} \times 100}{46} = 587.43$

Cantidad de aporta de la fuente (N) (kg)= $\frac{\text{cantidad de la fuente} \times \text{pureza de la fuente}}{100}$

= $\frac{587.43 \text{ kg} \times 18}{100}$

Cantidad de aporta de la fuente (N) (kg)= 105.73

Nitrógeno

Fuente: Urea (46%)

Cantidad de fuente (kg)= $\frac{\text{cantidad requerida} \times 100}{\% \text{ de pureza de la fuente}}$

$$\text{Cantidad de fuente (kg)} = \frac{200.27 \text{ kg} \times 100}{46} = 435.37$$

Potasio

Fuente KCl (60% de K₂O)

$$\text{Cantidad de fuente (kg)} = \frac{\text{cantidad requerida} \times 100}{\% \text{ de pureza de la fuente}}$$

$$\text{Cantidad de fuente (kg)} = \frac{1002.4 \text{ kg} \times 100}{60} = 1670.67$$

El fraccionamiento de nitrógeno se recomienda realizar de la misma manera que el recomendado para la localidad uno. En este sentido solo cambiara la formula y las cantidades ya que para esta localidad se hace necesaria la aplicacion de un fertilizante fosfatado (DAP)

5. CONCLUSIONES

- 🌱 En ambas localidades, la variedad UP80FL responde de forma similar a los niveles de nitrógeno empleados, obteniendo valores de rendimiento parecidos. Siendo aquellos tratamientos con dosis más bajas de nitrógeno (60 y 120 kg ha⁻¹), los que produjeron mayores rendimientos a menores costos, en comparación con los que aportaban las dosis más altas de este elemento (180 y 240 kg ha⁻¹).
- 🌱 En cuanto a los macronutrientes, el elemento mayormente absorbido por variedad fue el potasio. Este elemento se absorbió en promedio 2.6 veces más que el nitrógeno. Respecto a los micronutrientes, el manganeso y el hierro fueron los que mayormente se absorbieron en Alanje y la FCA, respectivamente.
- 🌱 El orden de absorción de nutrientes de la variedad UP80FL bajo las condiciones de Alanje, para una producción de biomasa seca de 27,517.1 kg ha⁻¹ y un rendimiento promedio de 6.0 T ha⁻¹ fue: K>N>Mg>P>Ca>Mn>Fe>Zn>Cu. En la FCA, para una producción de biomasa seca de 21,222.5 kg ha⁻¹ y un rendimiento promedio de 4.2 T ha⁻¹ fue: K>N>Ca>Mg >P>Fe> Mn >Zn>Cu.
- 🌱 Tomando en cuenta la absorción realizada por la variedad, y la oferta nutrimental de suelo (conocida a través del análisis químico de suelo), se

obtuvo la fórmula fertilizante específica para cada localidad sobresaliendo en ambas un porcentaje importante de potasio en relación con los demás elementos. A pesar de tratarse de la misma variedad la fórmula fertilizante para cada sitio es distinta. Una de las causas de este fenómeno puede ser la dinámica y oferta nutrimental propia de cada suelo.

6. RECOMENDACIONES

- 📌 Para esta variedad, se recomienda el empleo de dosis bajas de N (60 kg ha^{-1} - tratamiento 1), ya que permite obtener mejores rendimientos a menor costo en comparación con los que ofrecen los tratamientos de dosis medias y altas.
- 📌 Utilizar las fórmulas fertilizantes resultantes de este estudio para obtener rendimientos óptimos de la variedad en ambas localidades.
- 📌 Se recomienda analizar químicamente los suelos en donde se vaya a establecer el cultivo, para conocer la oferta nutrimental del mismo y evitar el uso innecesario de fertilizantes que aporten elementos que ya el suelo ofrece en cantidades suficientes.
- 📌 Realizar este estudio, aumentando las frecuencias de muestreo, (entre 60 y 90 dds) para tener información más precisa en cuanto al comportamiento de la absorción de nutrimentos, sobre todo el nitrógeno. Que permitiría conocer el mejor momento de aplicación de fertilizante, evitando pérdidas del mismo.
- 📌 Este tipo de estudio se recomienda realizarlo en otros suelos y con variedades de ciclos distintos (corto y largo), que permitirá conocer la dinámica de absorción de nutrimentos de cada sitio y variedad, aportando mayor información agrícola a nivel nacional.

BIBLIOGRAFIA

AMADOR, J y BERNAL I (2012) Curva de absorcion de nutrientes del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L) variedad Venezuela 21 en un suelo vertisol bajo condiciones del valle de Sébaco Nicaragua Zamorano Departamento de Ciencia y Produccion Agropecuaria Honduras 29 p

ANGLADETTE A 1975 El Arroz Trads V Ripoll F Palomeque Barcelona España Editorial Blume 867 p

ACEVEDO M *et al* 2006 Efectos de la densidad de siembra y fertilizacion nitrogenada sobre el rendimiento de granos de arroz del cultivar centauro en Venezuela Venezuela 12 p (En linea) Consultado el 12 de mayo de 2016 Disponible en

http://sian.mia.gob.ve/repositorio/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/at6101/at6101acevedo_m.pdf

AMADOR, J y BERNAL I 2012 Curva de absorcion de nutrimentos del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L) variedad Venezuela 21 en un suelo vertisol bajo condiciones del valle de Sebaco Nicaragua Zamorano Honduras 29 p (En linea) Consultado 7 de marzo de 2016 Disponible en <http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1101/1/T3392.pdf>

BENACCHIO S AVILAN W 1991 Zonificacion agroecologica del cultivo de arroz en Venezuela Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela publicaciones FONAIAP Maracay 15 p

BERTSH F 2003 Absorción de Nutrimentos por los cultivos San Jose de Costa Rica Asociacion Costarricense de la Ciencia del Suelo 307 p (En

linea) Consultado 7 de marzo de 2016 Disponible en http://www.cia.ucr.ac.cr/?page_id=57

BERTSH F 2005 Estudios de Absorción de nutrientes como apoyo a las recomendaciones de fertilización Informaciones Agronomicas 57 Instituto de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS A S) Ecuador (En línea) Consultado 5 de noviembre de 2015 Disponible en [http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/\\$webindex/76A0E12D2DF131AB05256FF200587B24/\\$file/Estudios+de+absorci%C3%B3n+de+nutrientes+como+a+apoyo.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/$webindex/76A0E12D2DF131AB05256FF200587B24/$file/Estudios+de+absorci%C3%B3n+de+nutrientes+como+a+apoyo.pdf)

CASTILLA L 2005 Curvas de Absorción de nutrientes en la variedad Fedearroz 50 En Compendio Resultados de Investigación 2003 2005

CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE MAIZ Y TRIGO (CIMMYT) 1988 La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos Un manual metodológico de evaluación económica Edición completamente revisada México D F México 86 p

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT) 2010 Producción Eco Eficiente de Arroz en América Latina Tomo 1 Publicación CIAT 370 513 p (En línea) Consultado 10 de noviembre de 2015 Disponible en http://ciat.library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/2010_Degiovanni_Produccion_eco_eficiente_del_arroz.pdf

CONTIN A 1975 Cultivo de arroz Manual de producción México Editorial Limusa 426 p

- CORDERO A 1993 Fertilizacion y nutricion mineral de arroz Primera edicion San José Costa Rica Editorial de la Universidad de Costa Rica 99 p
- CHANDLER R 1984 Arroz en los trópicos Guia para el desarrollo de programas nacionales Eds E Camacho (IICA / Serie de Investigacion y desarrollo no 12) San José Costa Rica IICA 304 p
- CORDERO A 1993 Fertilización y Nutricion Mineral del Arroz 1 edicion San Jose Costa Rica Editorial de la Universidad de Costa Rica 99 p
- COUCEIRO L 2000 Curvas de Absorción de Nutrimentos y Sintomas de deficiencia de Macronutrimentos en el cultivo de Melon (*Cucumis melo* L) Var Tam Dew Improved Facultad de Ciencias Agropecuarias Universidad de Panamá Republica de Panama 113 p
- CRUZ F y GALANO R. 1998 Densidades de siembra y niveles de Nitrógeno para las variedades de arroz LC88 66 IACUBA 27 E IACUBA28 Instituto de Investigaciones de Arroz La Habana Cuba 9 p
- DE DATTA S 1986 Producción de arroz Fundamentos y Prácticas Editorial Limusa Mexico 673 p
- DEAMBROSI E Y MENDEZ R 2007 Respuesta de cultivares de arroz de tipo indica a densidades de siembra y aplicaciones de nitrógeno en la zona este de Uruguay INIA Serie Técnica N° 167 Uruguay 42 p (En linea)
- Consultado 12 de noviembre de 2015 Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/18429240309122449.pdf>
- DOMÍNGUEZ R. 2011 Elaboracion de curvas de absorcion de nutrimentos para arroz (*Oryza sativa*) variedad FCA 97116 en el Centro de Investigaciones

Agropecuarias de Chiriquí (CEIACHI) Universidad de Panamá Chiriquí
Panamá 62 p

____GRIST D H 1982 Arroz Trad. AM Ambrosio PhD 1era Edición en
español de la quinta edición en inglés Compañía Editorial Continental S A de
C V S L México 715 p

INFELD J Y E P ZONTA 1987 Densidade na BR IRGA 411 In Reunião
da cultura do arroz irrigado 14 Pelotas Anais Pelotas Embrapa
CPATB/UFPel 168 172 p (En línea) Consultado 5 de noviembre de 2015
Disponible en

<http://agris.fao.org/agrissearch/search.do?recordID=BR19880001262>

HACK H et al 1992 Einheitliche codierung der phänologischen
entwicklungsstadien mono und dikotyler pflanzen erweiterte bbch skala
Allgemein Nachrichtenbl Deut Pflanzenschutz 44 265 270 (En línea)
Consultado 8 de marzo de 2016 Disponible en

http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=2762125&pid=S0718-3429201500040000300024&lng=es

INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA
AGRICULTURA (IICA)/ Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA)
2009 Plan de acción para la competitividad de la cadena de arroz de Panamá
hacia un mecanismo de reconocimiento de la calidad 79 p (En línea)
Consultado 13 de octubre de 2015 Disponible en
http://www.mida.gob.pa/upload/documentos/plan_de_accion_de_arroz_para_la_competitividad_de_la_cadena%5B1%5D.pdf

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA Y CENSO 2015 Contraloría General de la República de Panamá Encuesta del año agrícola 2014/15 (En línea) Consultado 13 de octubre de 2015 Disponible en https://www.contraloria.gob.pa/inec/archivos/P6811312_15.pdf

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA Y CENSO (INEC) 2016 Superficie sembrada y cosecha de arroz en la república según provincia y comarca indígena años agrícolas 2011/12 2015/16 (En línea) Consultado en línea el 12 de abril de 2016 Disponible en https://www.contraloria.gob.pa/inec/Publicaciones/Publicaciones.aspx?ID_SUBCATEGORIA=11&ID_PUBLICACION=749&ID_IDIOMA=1&ID_CATEGORIA=4

JAEN A 2015 Nuevo Cultivar UP80FL Chiriquí Panamá Facultad de Ciencias Agropecuarias Universidad de Panamá 4 p

LANCASHIRE P et al 1991 A uniform decimal code for growth stages of crops and weeds Ann Appl Biol 119 561 601 (En línea) Consultado 8 de marzo de 2016 Disponible en <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1744-7348.1991.tb04895.x/pdf>

LOPEZ E y GONZALEZ B 2013 Diseño y Análisis de Experimentos 2da edición Universidad de San Carlos Guatemala 219 p Consultado 13 de agosto de 2017 Disponible en http://fausac.usac.edu.gt/GPublica/images/2/2b/Dise%C3%B1o_y_An%C3%A1lisis_de_Experimentos_2014.pdf

MEDINA, J 2011 Absorción de nutrimentos minerales por la variedad de Fedearroz lagunas Clearfield en Gamarra Cesar Revista Arroz 58 (493) 4 10

(En línea) Consultado 7 de marzo de 2016 Disponible en <http://www.fedearroz.com.co/revistanew/arroz493.pdf>

MOLINA, E y RODRIGUEZ J 2011 Fertilización con N P K y S y curvas de absorción de nutrientes en arroz Var CFX 18 en Guanacaste Costa Rica Agronomía Costarricense 36(1) 39 51 (En línea) Consultado 7 de marzo de 2016 Disponible en <file:///C:/Users/pclan1/Downloads/DialnetFertilizacionConNPKYSYCurvasDeAbsorcionDeNutriment4056989.pdf>

NAME B y VILLARREAL J 2004 Compendio de resultados de investigación del programa de suelos de IDIAP Dinámica de macro y micro nutrientes en arroz bajo riego en suelos ultisoles Instituto Investigación Agropecuaria de Panamá 207p

PULVER, E Y P JENNINGS 1997 El papel de Fundarroz en la industria arrocería en Venezuela Mimeografiado 17 p

SANCHO H S/F Curvas de Absorción de nutrientes Importancia y Uso en los programas de fertilización Informaciones Agronómicas N° 36 International Plant Nutrition Institute (IPNI) (En línea) Consultado 10 de octubre de 2015 Disponible en <http://www.ipni.net>

ULATE M 2011 Curvas de absorción para el cultivo del arroz (LP 5) región huetar norte de Costa Rica Corporación Arrocería Nacional Revista Arrocería Costa Rica (En línea) Consultado el 11 de julio de 2017 Disponible en [http://www.conarroz.com/UserFiles/File/Curvas_absorcion_cultivo_arroz\(LP5\).pdf](http://www.conarroz.com/UserFiles/File/Curvas_absorcion_cultivo_arroz(LP5).pdf)

ANEXOS



Anexo No.1: Primer fraccionamiento de fertilización nitrogenada en Alanje



Anexo No.2: Toma de muestras foliares en distintas etapas fenológicas



Anexo No.3: Proceso de espigamiento y maduración del grano



Anexo No.4: Evaluación agronómica y cosecha en la FCA



Anexo No.5: Análisis químicos foliares

